

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Anyagtudomány

Felsőoktatás

Hírmondó

151. évfolyam

2018/5-6. szám



Jó szerencsét!

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

TARTALOM

Vaskohászat

- 1 Farkas Ottó – Farkasné Mayr Klára – Harcsik Béla:** A kokszkemencegáz nagyolvasztókoksztól részlegesen helyettesítő képessége
- 7 Hári László – Török Béla – Bárány Máté – Szabó Lajos Ádám:** A bucasolvasztás torokgáz-összetételén alapuló földinamikuss modellje
- 11 Tardy Pál:** 1970–2018: A tíz Clean Steel konferencia története
- 15** Megújul az ipari skanzen Dunaújvárosban

Öntészet

- 16 Lennart Elmquist – Stephen Hall – Torsten Sjögren – Erik Dartfeldt – Peter Skoglund – Jessica Elfsberg – Marta Majkut:** Öntöttvas mechanikai és szerkezeti jellemzése szinkrotronfény használatával
- 18 Török Antal:** Alumíniumöntvények hőkezelése a Höker Kft.-ben
- 20** 73. Öntészeti Világkongresszus
- 21** Beszámoló a XXV. Pivarcsi László Szigetközi Szakmai Napokról

Fémkohászat

- 22 Török Tamás István:** Fém-oxidos bevonatok fém hordozókon: a zománckötés
- 28 Németh Tamás:** Az alumínium keskenyszalag öntvehengerlés sebességének növelése
- 32** Beszámoló a XIX. Fémkohász Szakmai Napról

Anyagtudomány

- 33 Cseh Dávid – Mertinger Valéria – Lukács János:** Maradó nyomó feszültség üzem közbeni stabilizálása
- 40 Meszlényi György – Bitay Enikő:** Az egyimpulzusos lézersugaras fűrés folyamatának elemzése

Felsőoktatás

- 45** A Miskolci Egyetem hírei
- 46** Vegyészmemők alapszak indul a Miskolci Egyetemen
- 46** MultiScience – XXXII. microCAD konferencia

Hírmondó

- 48** Interjú dr. Tolnay Lajossal, egyesületünk tiszteleti elnökével
- 51** Emlékeztető a 2018. szeptember 12-i OMBKE választmányi ülésről
- 52** A Fémkohászati Szakosztály vezetőségi ülése Inotán
- 53** Szakmai nap Cegléden
- 53** Borsodi technikatörténeti tanulmányút
- 55** Selmeci Szalamander 2018
- 57** XII. Fazola Fesztivál 2018
- 58** Szakmai nap a szegedi ELI-ALPS Kutatóközpontban
- 59** Köszöntések
- 61** Nekrológok

Öntészet rovatunkat az 1950-ben indított és 1991-ben megszűnt önálló szaklap, a BKL Öntöde utódjának tekintjük.

FROM THE CONTENT

Farkas, O. – Farkasné, Mayr K. – Harcsik, B.: The ability of the coke oven gas to partially substitute coke ... 1
The role of coke oven gas, respectively of the hydrogen on the reduction processes of the iron oxides take place in the blast furnace. Thermodynamically research of the reduction with H₂ or CO in the lower, middle and upper zone of blast furnace. Change the standard free energies of the important reactions in the H-O, C-O-H, Fe-O-H and Fe-O-H-C systems, by the temperature. The different methods of reduction process by hydrogen. Comparison between the reduction with H₂ or CO. The effect of hydrogen on the chemical utilization of CO, and on the degree of direct reduction by carbon. Impossibility to reduce of FeO by H₂ in the blast furnace. It is not favourable effect of hydrogen on the thermal state of the hearth of blast furnace.

Hári, L. – Török, B. – Bárány, M. – Szabó, L. Á.: A quasi-dynamic model of the bloomery smelting based on the chemical compositions of the top-gas ... 7
The national and international literature use traditionally descriptive methods for the characterisation of bloomery smelting. Scientific literature especially populariser publications present qualitative methods for process introductions in general. The model introduced here is a dynamic-type in sense of blasted air is taken as the independent variable. The output variables are based on the data from top-gas analysis. The art and chemical composition of phases stay in the centre of model construction. These contribute to the dynamic art of the model. The authors introduced frequent measurements for the alteration of the composition of top-gas-gas which makes the model quasi-continuous, reducing the disadvantages of the static model; the boundaries of which generally limit their applicability. The measurements of the rate of reduction of ores become appraisable through the proposed model, as well as the determination of reduction time which ensure the optimal bloom yield.

Tardy, P.: 1970–2019: The history of ten Clean Steel conferences ... 11
The organization of Clean Steel Conferences started in 1970; in 2018 the tenth conference took place in Budapest. They were organized by OMBKE and the organization was supported by the large international and national steel societies. The total number of participants on the ten conferences was about 2000 and nearly 500 papers were presented.

Elmquist, L. – Hall, S. – Sjögren, T. – Dartfeldt, E. – Skoglund, P. – Elfsberg, J. – Majkut, M.: Mechanical and structural characterization of cast iron using Synchrotron light ... 16
The paper describes work done using synchrotron light to investigate the microstructure and how it behaves in 3D when a load is applied. Two different cast iron materials with different matrix structures and graphite morphologies were investigated; SiMo51, which is basically a spheroidal iron (SGI) alloyed with Si and Mo, and a lamellar graphite iron (LGI). The tensile test specimens were loaded in steps, at which x-ray tomography as well as 3DXRD measurements were made to characterize the microstructure. The result shows how the crack propagates and which path it takes through the materials. DVC was applied to analyze the strain fields. This work also shows how useful synchrotron experiments can be in the study of the mechanical behavior of cast iron.

Török, A.: Heat treatment of aluminium castings in Höker LLC ... 18
The application of aluminium in the automotive

industry is expanding very quickly. Aluminium plays an important role also in the development of electric vehicles. The most frequent method in this area is the casting of details, such as gravitational casting in sand moulds and dies and also high pressure casting. For achieving the necessary properties the castings have to be heat treated in most cases. This article includes a review of heat treatment methods of castings produced from different alloys with different processes.

Török, T. I.: Metal oxide coatings on metal substrates: the enamel-metal bonding ... 22
High quality bonding between the substrate and coatings has always been an important materials property in the domain of surface technologies. Improving the adhesion of enamels on metals has also been a core subject of research and development in this field, which is now being dealt with also at University of Miskolc in the Laboratory of Surface Treatments. In this article the main key features of the bonding mechanisms during the evolution of metal/enamel bonding is described and characterised in more details.

Németh, T.: Increased speed at continuous casting and rolling of aluminium narrow strips ... 28
Demand for excess capacity occurred at a running CCR line. This article discusses investigation of reserves of each unit in the serial sequence, determining the possible speed increase. Speed in kinematic sense is connected to the solidification process in the roll gap. For the sake of strip quality (microstructure, mechanical and physical properties) deformation zone of the roll gap must not be changed. Solidification zone should be shaped by means of the thickness of casting tip in order to end solidification exactly at the beginning of the deformation zone of previous position. Revealing relationship between speed and thickness of casting tip the model helps you to spare remarkable experimental time.

Cseh, D. – Mertinger, V. – Lukács, J.: The effect of fatigue on stability of residual stresses ... 33
This paper summarizes the different residual stress reactions of identically shot peened particular materials. A residual stress monitoring project also presented, carried out in hardened, shot peened fatigue specimens, during fatigue load. Connection was discovered as the variable fatigue stress level effect several properties of the stress relaxation. Notched specimens were also used. The residual stress was investigated in higher spatial resolution around the notch in shot peened and in cracked state. Consistency found in the extent of the stress relaxation and the crack mechanism.

Meszlényi, Gy. – Bitay, E.: Investigation of single pulse laser drilling process ... 40
The key factors of the single pulse laser drilling process are some special characteristics of the focused laser beam like the focused spot diameter and the Rayleigh length. In this article we are analysing those parameters, which determine this two factors. In the experiments of single pulse laser drilling 20 micrometer thin stainless steel foil was used, and we examined the effects of focal position, pressure of nitrogen process gas and laser pulse energy on the diameter of drilled holes. The stronger factor that influenced the diameter of drilled holes was the focal position. Weaker factor was the laser pulse energy, and the weakest was the pressure of nitrogen process gas. The nonlinear effects like plasma plume formation, evaporated metal pressure causing the irregularity of drilled holes and fluctuation of the hole diameter.

• **Szerkesztőség:** 1051 Budapest, Október 6. utca 7., III. em. • **Telefon:** 06-1-201-7337 •

• **E-mail:** bkl.kohaszat@gmail.com •

• **Felelős szerkesztő:** Balázs Tamás •

• **A szerkesztőség tagjai:** dr. Buzáné dr. Dénes Margit, dr. Harcsik Béla, dr. Klug Ottó, dr. Kóródi István, Lengyelne Kiss Katalin, Schudich Anna, Szende György, dr. Tardy Pál, dr. Török Tamás •

• **Kiadó:** Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület • **Felelős kiadó:** dr. Hatala Pál •

• **Nyomja:** Press+Print Kft. 2340 Kiskunlacháza, Gábor Áron u. 2/a • **HU ISSN 0005-5670** •

Belső tájékoztatásra, kereskedelmi forgalomba nem kerül. • A közölt cikkek fordítása, utánnyomása, sokszorosítása és adatrendszerben való tárolása kizárólag a kiadó engedélyével történhet. •

Internetcím: www.ombkenet.hu/bkl/kohaszat.html

FARKAS OTTÓ – FARKASNÉ MAYR KLÁRA – HARCSIK BÉLA

A kokschemencegáz nagyolvasztókoksztól részlegesen helyettesítő képessége

A hidrogén oxidációs, illetve redukciós folyamatainak termodinamikai feltételrendszere – a kokschemencegáz hőtermelő, illetve a C-os vas-oxidredukciót részben kiváltó, redukáló képességének meghatározásában – a nagyolvasztóban uralkodó hőtani és metallurgia körülmények között. Az elsősorban <1000 °C-nál lejátszódó magasabb oxidfokozatú vasoxidok H₂-es és CO-os redukcióinak termodinamikai és részben reakciókinetikai összevetése és a H₂ szerepének rögzítése. A kokschemencegáz nagyolvasztói felhasználhatóságát korlátozó vagy támogató termodinamikai H₂-magatartás hőmérsékleti és térbeli elkülönítése.

Bevezetés

A nagyolvasztókoksztól részlegesen helyettesítésére azok a póttüzelőanyagok használhatók fel meghatározott mennyiségben, melyek a kokszt alapvető feladatait (hőfejlesztés, oxigénleépítés, gáz- és olvadékkermeabilitás) közvetlenül vagy közvetve (gázsűrűség-csökkenés) elfogadható mértékben teljesíteni képesek. Világviszonylatban legerőteljesebb a szénpor használata, de jelentős a földgáz, sőt az olaj befűtésének részesedése is [1].

Az utóbbi évtizedben felmerült a kokschemencegáz (kamragáz) felhasználásának esetleges lehetősége, minthogy annak hőtani és kémiai jellemzői (az ISD Dunaferri Koksztolóművében gyártott kokszt példaértékű adatai szerint: fűtőérték: 17608 kJ/m³, égésmeleg: 19141 kJ/m³, sűrűség: 0,423 kg/m³, H₂ = 60,4%, CH₄ = 24,3%, CO₂ = 1,9%, CO = 6,4%, N₂ = 3,9%, O₂ = 0,7%) jelentős mértékű hőfejlesztő és redukáló

képességet feltételeznek, kismértékű termikus disszociációs hőigény, valamint csökkenő CO₂-emisszió mellett.

A megalapozottnak látszó feltételezések realitásának, nagyolvasztói körülmények közötti érvényre jutásuk várható mértékének meghatározása a jelen dolgozatban közölt kiterjedt, alapvetően termodinamikai vizsgálatot igényel.

Az elméleti alapok tisztázása nélkül végrehajtott néhány üzemi kísérlet [2, 3] eredményeinek feldolgozása és értékelése több ellentmondásos, indokolatlan és értelmezhetetlen következtetést is vont maga után.

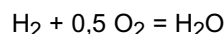
Fontos továbbá annak az ismert megállapításnak a szem előtt tartása, hogy a termodinamikai vizsgálatok a folyamatok reakciókinetikai (érintkezőfelületek nagysága, diffúziós, áramlástechnikai lehetőségek, reakciósebesség stb.) vonatkozásaival nem foglalkoznak, így ezeknek a metallurgiai folyamatokra gyakorolt hatásmértékét nem ismerik.

A vizsgálat, feltárva a metallurgiai folyamatrendszer működéséhez szükséges termodinamikai feltételek meglétét vagy hiányát, illetőleg azok egymáshoz viszonyított mértékeit, vagy alátámaszthatja egy ezirányú üzemi vizsgálat sorozat kezdeményezésének szakmai-tudományos megalapozottságát, vagy annak – jelentős költségmegtakarító hatású – elvetését erősíti.

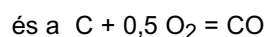
A hőfejlesztés termodinamikai vonatkozásai

A táblázat gyűjti össze azoknak a hőtani, illetve metallurgiai folyamatoknak reakcióegyenleteit és a kapcsolódó standard szabadentalpia változást (ΔG_T⁰, J/mol) értékek hőmérsékletfüggő változásait kifejező matematikai formulákat, melyek a jelen termodinamikai elemzések – szakirodalomból [1], illetve annak hivatkozott forrásai- ból származó és részben számításokkal kialakított – bázisösszefüggései. Ezek felhasználásával készült a továbbiakban látható 1., 4. és 5. számú diagram.

A fűvósíkba, az erre a célra módosított fűvóformákon át befűjt kokschemencegáz szabad H₂-t, majd a metán és más szénhidrogének termikus disszociációja révén szabadabbá váló H₂- és C-tartalma, a befűjt levegő oxigéntartalmával a



$$\Delta H_{298}^0 = -15164,07 \text{ kJ/kg O}_2$$



$$\Delta H_{298}^0 = -6913,46 \text{ kJ/kg O}_2$$

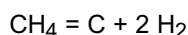
reakcióegyenletek szerint oxidálódik és hőt fejleszt.

Dr. Farkas Ottó szakmai életrajzát 2013/3. számunkban közöltük.

Dr. Farkasné dr. Mayr Klára 1954-ben szerzett vaskohómérnöki oklevelet a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen. A diplomaszerezésétől az 1990-es nyugállományba vonulásáig a Kohómérnöki Kar tüzeléstani tanszékének oktatója volt egyetemi docensként, közben 13 éven át a tanszék vezetője is. Egyetemi doktor 1973-tól, a műszaki tudományok kandidátusa 1980-tól, majd 1997-ben PhD-fokozatot szerzett. Tüzelés- és ipari kemencék, kazánok, levegőtisztaság-védelem témában oktatott, kutatott. Több akadémiai és szakmai bizottság tagjaként működött.

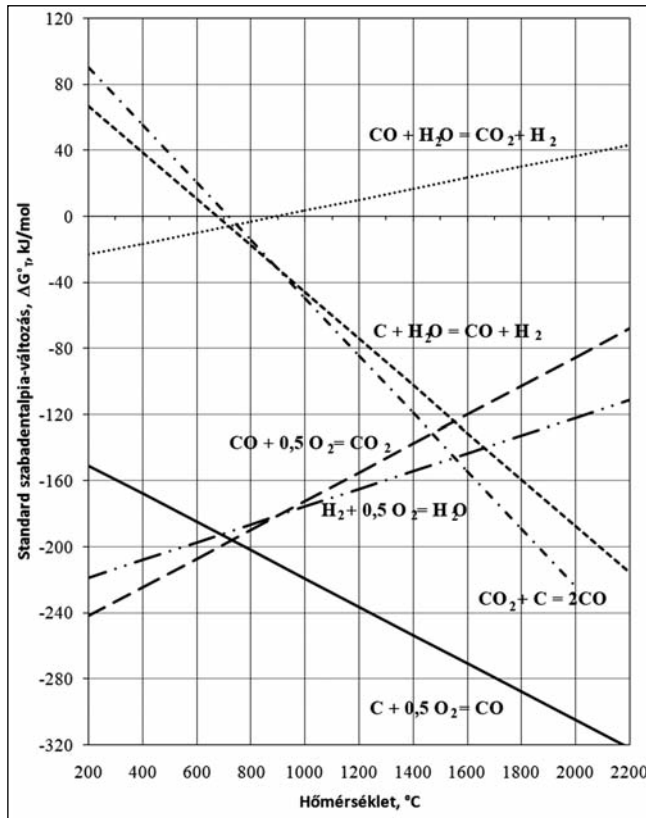
Dr. Harcsik Béla szakmai életrajzát 2017/5. számunkban közöltük.

Itt szükséges megjegyezni, hogy a metán termikus disszociációjának endoterm folyamatában, azaz a



$$\Delta H_{298}^0 = +6218,10 \text{ kJ/kg C}$$

reakcióban szabadabbá váló C-mennyiség előbbi reakció szerinti hőfejlesztésének (9217,95 kJ/kg C) 67,4%-át a metánbontás elfogyasztja, így az így fejlesztett hőmennyiségből csak $9217,95 - 6218,10 = 2998,85 \text{ kJ/kg C}$ jut az oxidációs környezet hőfejlesztésére. Ez és a hidegen befűjt, a fúvósíkban végeredményben nem oxidálódó H_2 -tartalmú kokszkemenyeg az együttesen meghatározott mértékű hőkompenzációt igényel, melynek nagysága jelentős, a kokszkemenyeg sok szabad állapotban lévő H_2 -tartalma ellenére, a szükséges elméleti égéshőmérséklet fenntartásához.



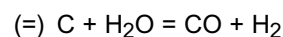
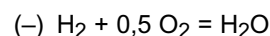
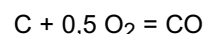
■ 1. ábra. Redukáló elemek oxidképződési folyamatainak és azok kölcsönhatásainak termodinamikai standard szabadentalpia-változásai

Táblázat. A vizsgálatkörben lejátszódó metallurgiai reakciók és termodinamikai standard szabadentalpia-változásainak hőmérsékletfüggvényei

Reakció	$\Delta G_T^0 = \Delta H - T \cdot \Delta S, \text{ J/mol}$
$\text{H}_2 + 0,5 \text{ O}_2 = \text{H}_2\text{O}$	$-243\,944 + 53,63 \cdot T$
$\text{C} + 0,5 \text{ O}_2 = \text{CO}$	$-110\,173 - 85,65 \cdot T$
$\text{CO} + 0,5 \text{ O}_2 = \text{CO}_2$	$-282\,869 + 86,88 \cdot T$
$\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$	$133\,797 - 141,28 \cdot T$
$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$	$-38925 + 33,25 \cdot T$
$\text{CO}_2 + \text{C} = 2 \text{CO}$	$172\,696 - 174,53 \cdot T$
<hr/>	
$3 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2 = 2 \text{ Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$	$5684 - 87 \cdot T$
$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2 = 3 \text{ FeO} + \text{H}_2\text{O}$	$68\,400 - 71,52 \cdot T$
$\text{FeO} + \text{H}_2 = \text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$	$15\,814 - 8,95 \cdot T$
<hr/>	
$3 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + \text{C} = 2 \text{ Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}$	$137\,830 - 228,47 \cdot T$
$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{C} = 3 \text{ FeO} + \text{CO}$	$200\,632 - 213,89 \cdot T$
$\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$	$148\,003 - 150,3 \cdot T$
<hr/>	
$3 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} = 2 \text{ Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2$	$-33\,201 - 53,89 \cdot T$
$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO} = 3 \text{ FeO} + \text{CO}_2$	$35\,070 - 41,49 \cdot T$
$\text{FeO} + \text{CO} = \text{Fe} + \text{CO}_2$	$-23\,079 + 24,29 \cdot T$

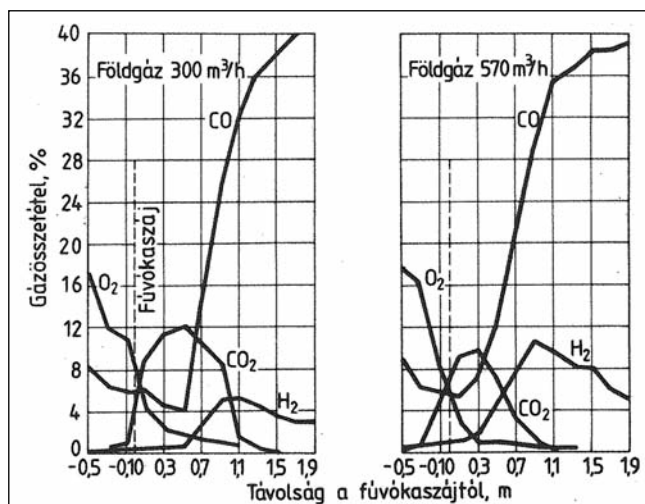
A többszörös mennyiségben – ott már izzó állapotban – jelen levő koksz C-tartalma egyidejűleg a $\text{C} + 0,5 \text{ O}_2 = \text{CO}$ reakciók szerint parciálisan szintén oxidálódik. Az 1. ábra arra utal, hogy a C, illetve a H_2 oxidációs folya-

matainak a hőmérséklet függvényében nagymértékűek és – a



$$\Delta H_{298}^0 = +8250,61 \text{ kJ/kg O}_2$$

reakciók összevonásával kialakuló, a H_2O redukciójára irányuló hőfogyasztó folyamat termodinamikai standard szabadentalpia-változása, a hőmérséklet növekedésével egyre nagyobb negativitású értékeket mutat az 1. ábrán. Ebből is az következik, hogy külön-



■ 2. ábra. A H_2 -koncentráció változása az oxidációs zóna radiális irányában [1]

nösen nagyobb hőmérsékleteken, azaz a fúvósokban, nincs számottevő termodinamikai valószínűsége a H_2 végleges oxidációjának, azaz a képződött H_2O stabilitásának, s fennmaradásának, vagyis hőfejlesztésének.

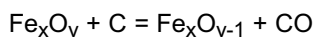
Ezt a megállapítást erősíti a reakcióra jellemző, számítással meghatározott igen nagy egyensúlyi állandó (1800 °C-nál 11 688; 2000 °C-nál pedig 22381). Ennek hatását a folyamat viszonylag kis sebessége mérsékelten enyhíti [5].

A szakirodalmi forrásokból [1] származó 2. és 3. ábra – itt földgázból származó H_2 -re vonatkoztatva – egyértelműen mutatja, hogy az oxidációs zóna radiális irányában vett gázmintákban, a zóna nagyhőmérsékletű tartományában, a zóna O_2 -tartalmának megszűnése után a H_2 valóban megjelenik a termodinamikai törvényekkel összhangban az eredeti szabad állapotában, gazdagítva a nagyolvasztóban felfelé áramló gáz H_2 -tartalmát.

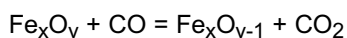
Megállapítható tehát, hogy a szükséges termodinamikai feltételek teljesíthetőségének hiánya miatt, a bevitt H_2 -mennyiség nem, és így a koks-kemencegáz is csak az általa bevitt kis C-mennyiség révén minősülhet a koks hőfejlesztő feladatát, csekély mértékben, részlegesen helyettesíteni képes tüzelőanyagnak a nagyolvasztóban.

A hidrogén közreműködése a vas-oxidok redukciós folyamataiban

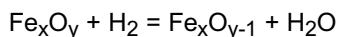
A hidrogén közismerten jó redukálószer, ezért első megközelítésben nyilvánvalónak látszik, hogy a nagy mennyiségű hidrogént tartalmazó koks-kemencegáz (ISD Dunafer Koksoló-művének gáztermékében: $H_2 = 60,4\%$, $CH_4 = 24,3\%$, egyéb szénhidrogének: $\sim 3\%$) jelentős vasoxid-redukciós munkát képes végezni a nagyolvasztóban. Ennek a képességnek az érvényre jutását, illetőleg annak kvalitatív várható mértékét termodinamikai vizsgálat tárgyává téve, célszerű a nagyolvasztó gyakorlatában kialakult alapvetően két, mégpedig a C-nal lejátszódó direkt, azaz az



és az indirekt, vagyis az



redukciótípusokat (minthogy hőmérsékleti, s ezáltal térbeli tartományaik jelentősen eltérnek) külön kapcsolatba hozni, az

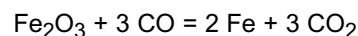


általános reakcióegyenlettel leírt H_2 -es vasoxid-redukciós folyamatokkal.

Természetesen szem előtt kell tartani, hogy az alábbiak:



$$\Delta H_{298}^0 = +98864 \text{ J/mol}$$



$$\Delta H_{298}^0 = -22641 \text{ J/mol}$$

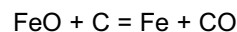


$$\Delta H_{298}^0 = +475704 \text{ J/mol}$$

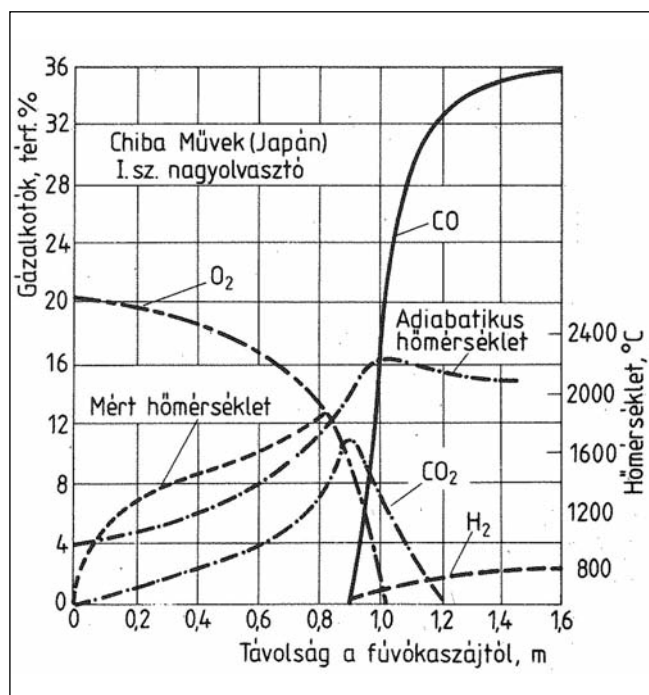
értelmében a vasoxid-redukciók bruttó folyamatai a kiemelkedően legnagyobb energiafogyasztást a C-nal, a sokkal kevesebbet a H_2 -nel történő redukció során igénylik, a CO-os redukció pedig enyhén hőfejlesztő, s így – ebből a szempontból – kedvezőbb, mint a H_2 -es reakció.

A wüstit redukciója a nagyhőmérsékletű tartományban

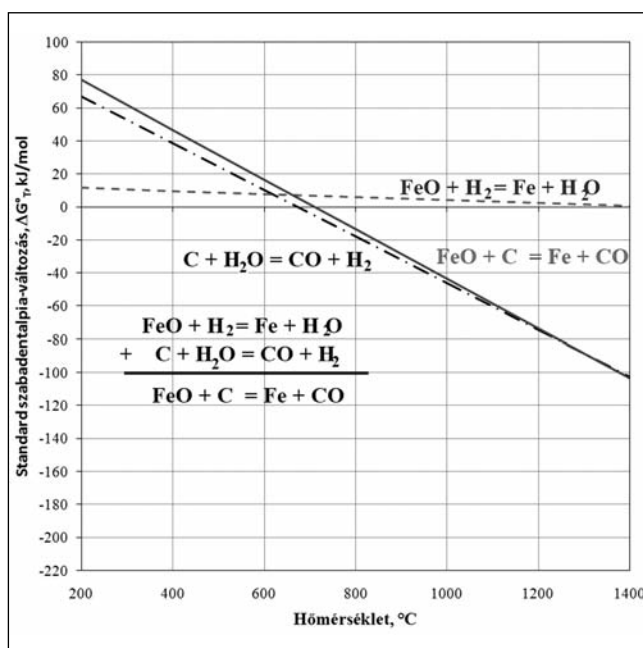
A nagy energiafogyasztással járó direktredukciós reakciókon belül, elsősorban a kiemelkedően endoterm, azaz az



$$\Delta H_{298}^0 = +8922,07 \text{ kJ/kg } O_2$$

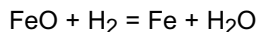


■ 3. ábra. Gázösszetétel- és hőmérséklet-változás a fúvósokban [1]



■ 4. ábra. A H_2 - és C-redukálószerrel lejátszódó wüstit-redukciós és kapcsolódó folyamatok termodinamikai standard szabadentalpia-változásai

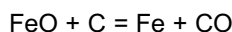
és egyben C-t fogyasztó folyamat részleges kiváltására kellene lehetőség, a bár szintén endoterm, de energetikailag sokkal kedvezőbb, H₂-nel végzett következő reakcióval:



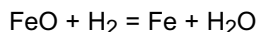
$$\Delta H_{298}^0 = +988,37 \text{ kJ/kg O}_2$$

A kérdés természetesen az, hogy a nagyolvasztóban működő bonyolult metallurgiai környezetben rendelkezésre állnak-e azok a termodinamikai feltételek, melyek az $\text{FeO} + \text{H}_2 = \text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$ reakciót bármilyen mértékben előtérbe helyezik az $\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$ folyamattal szemben.

A wüstit C-nal és H₂-nel lejátszódó folyamataira jellemző termodinamikai standard szabadentalpia-változásokat a hőmérséklet függvényében az alábbi matematikai formulák írják le a táblázatban ismertetettek alapján:



$$\Delta G_T^0 = +148003 - 150,30 \cdot T \text{ J/mol}$$



$$\Delta G_T^0 = +15814 - 8,95 \cdot T \text{ J/mol}$$

Az első reakció szabadentalpia-egyenlete jelzi, hogy a reakcióterméknek, a kiinduló anyagokéhoz képest több gázterméke következtében a folyamat entrópia változása (ΔS) meglehetősen nagy, ami – minthogy az egyenes matematikai formulájában a ΔS az egyenes iránytangensét adja – a ΔG_T^0 -értékváltozásait jelző egyenes jelentős süllyedéséhez vezet a hőmérséklet növekedésekor.

A H₂-nel végbemenő redukció kémiai egyenlete gyakorlatilag a kiinduló állapottal azonos mennyiségű gáz-mennyiség képződését jelzi, így a $\Delta G_T^0 = f(T)$ matematikai egyenlete csak kis entrópiaváltozásra utal, azaz a függvényt ábrázoló egyenes csak csekély mértékű lejtést mutat a hőmérsékletnövekedés irányába. Ezeket tárja elénk vizuálisan mindkét reakcióra vonatkozóan a 4. ábra.

Látható, hogy a C-nal és a H₂-nel lejátszódó wüstit-redukció ΔG_T^0 -értéke között – a hőmérséklet növekedésével – egyre nagyobb a különbség, a C-nal végzett redukció részesedésének növekedése irányába. Ez azt jelenti, hogy a H₂-nel történő wüstit-redukció termodinamikai valószínűsége számottevően csökken, és főleg azon nagy hőmérsékletű (> 1000 °C) nagyolvasztó-tartományban, azaz a

nyugvóban veszíti el viszonylagosan termodinamikai erejét, melyben az energetikailag nagyon kedvezőtlen C-os direkt redukció részbeni kiváltására volna szükség.

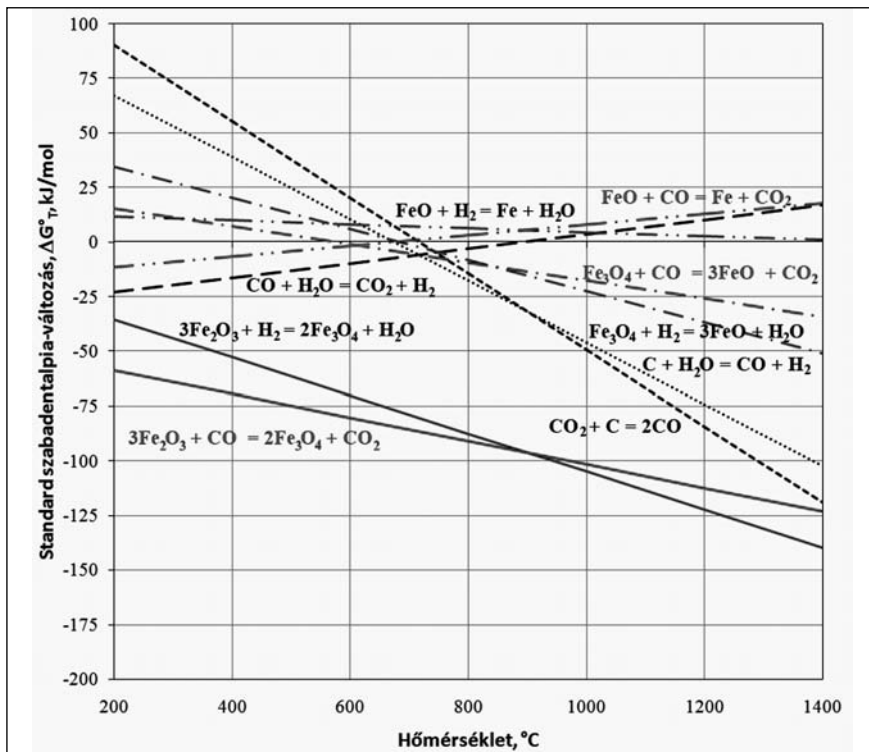
A helyzet kedvezőtlen voltát fokozza, hogy az ugyancsak nagy termodinamikai hajtóerővel működő – előzetesen már bemutatott és az 1. ábrán is szereplő – $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$ reakció, a H₂-es redukció során mégis képződött kisebb-nagyobb mennyiségű H₂O-t többnyire redukálja, s a csaknem teljes H₂-mennyiség – csakúgy, mint a hőfejlesztés elmaradása során – a direkt redukciós tartományból is, ott lényegében kihasználatlanul távozik a nagyolvasztóakna metallurgiai világába. A $\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$ és a $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$ reakciók ΔG_T^0 -egyeneseinek a 4. ábrán látható gyakorlatilag együthaladása a két folyamat kölcsönös erősítését, azaz a H₂-es FeO-redukció nagymértékű háttérbe szorulását érzékelteti.

A következtetés helyességét támasztja alá, hogy a C-nal történő wüstit-redukció egyensúlyi állandója (1400 °C-on 1701,2; 1800 °C-on pedig 13245,5) összehasonlíthatatlanul nagyobb, mint a H₂-es wüstit-redukcióé (1400 °C-on 0,94; 1800 °C-on pedig 1,17).

Mindebből következik, hogy a koks kemencegáznak nincs termodinamikai lehetősége arra, hogy a wüstit C-nal lejátszódó redukcióját H₂-tartalmával közvetlenül részlegesen átvegye. Valamelyest csak a $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$ kis sebessége segít a helyzetben.

A hidrogén, mint az indirekt (gázzal történő) vasoxid-redukció egyik redukáló reagense

Az előző termodinamikai fejtegetések azt alapították meg, hogy nagy hőmérsékleteken a vasoxidok direkt redukciójának tartományában a H₂ gyakorlatilag képtelen átvenni a C-től a wüstit-redukció számításba vehető hányadát, s ezáltal észrevehetően csökkenteni az energetikailag káros $\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}_2$ direkt redukció részesedését. Nyilvánvaló azonban, hogy ennek a folyamatnak a részese-dése nemcsak a redukálószer kicserélésével, vagyis közvetlen módon, hanem közvetve is mérsékelhető, a nagyolvasztó aknájában kisebb hő-



■ 5. ábra. H₂- és CO-redukálószerrel lejátszódó vasoxid-redukciós és kapcsolódó folyamatok termodinamikai standard szabadentalpia-változásai

mérsékleteken lejátszódó indirekt, azaz gázzal végzett redukció részese-
sedésének növelése révén, a még redukál-
atlanul maradt FeO-mennyiség csökkenése által. Ebben a folyamatban a hidrogén az alábbi termodinamikai elemzéssel meghatározott módon játszik szerepet.

A hidrogén közvetlen részvétele a vasoxidok indirekt redukciójában

Az 5. ábra a könnyű összehasonlíthatóság érdekében együtt mutatja az egyes vasoxid-fokozatok CO-dal és H₂-nel lejátszódó redukciós folyamat-
tainak, valamint a kapcsolódó Boudouard- és a vízgázreakció termodinamikai standard szabadentalpia változását a hőmérséklet függvényében. (A számításokhoz használt részben itt levezetett, vonatkozó matematikai formulákat a táblázatban közölt összeállítás tartalmazza.)

Az ábra egyértelműen utal arra, hogy a nagyobb oxidfokozatú vasoxidok redukciói negatívabb ΔG_T^0 -értékekkel, tehát könnyebben játszódhatnak le. De az is észrevehető, hogy meghatározott hőmérsékletek (850-950 °C) felett a H₂-nel már könnyebben, nagyobb termodinamikai valószínűséggel mennek végbe a folyamatok, mint CO-dal. Ebből következik, hogy a H₂-es vasoxid-redukciók teljesítménye alapvetően a Fe₂O₃ és a Fe₃O₄ redukciójához kötődik, minthogy az FeO + CO = Fe + CO₂ reakció – ellentétben a többiekkel – a hőmérséklet növekedésével egyre kevésbé negatív értékeket mutatva, 700 °C-nál nagyobb hőmérsékleteken, a ΔG_T^0 egyenese révén már nem mutatja a folyamat termodinamikai lehetőségét. A FeO + H₂ = Fe + H₂O reakciónak pedig csak 1500 °C-nál nagyobb hőmérsékleteken van nagyon csekély termodinamikai esélye.

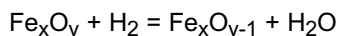
A hidrogén közvetett részvétele a vasoxidok indirekt redukciójában

A közvetett folyamat bizonyos mértékű lejátszódására azáltal van lehetőség a szilárd anyagtartományban (< 1000 °C), hogy a nagyolvasztóban felfelé áramló gáz H₂-tartalmának vannak olyan jellemzői, melyek jelentős mértékben és kedvezően befolyásolják a redukciós reakciókat. Minthogy a ki-

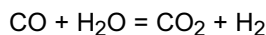
sebb moláris tömeggel rendelkező gázok molekuláris közepes mozgási sebessége nagyobb, így a hidrogén csaknem négyszer akkora mozgási sebességgel és diffúzióképességgel felvértezve áramlik a porusokban, így a reakcióban résztvevő anyagok molekuláinak ütközési gyakorisága többszöröse a CO-dal történő ütközéséhez képest. Ezt gazdagítják olyan tulajdonságok, hogy a H₂-molekulák átmérője csak 2/3-a, viszkozitása pedig csak fele a CO-énak [1].

A hidrogénnek a CO-éhoz képest jobb reakciókinetikai paraméterértékei kis mértékben azokon a hőmérsékleteken is érvényre jutnak időlegesen, melyeken a termodinamikai feltételek a H₂-es redukciónak nem kedvezőek. Ennek jelentősége van a gázzal lejátszódó redukciós folyamatoknak – a C-os redukció részese-
sedésének csökkenését (is) szolgáló – gazdagításában.

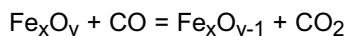
A meghatározott mértékű, de ott már csak időleges érvényű



vasoxid-redukció H₂O-terméke ugyanis kidiffundálva az ércporusokból azonnal részt vesz a gázáram – reakciókinetikailag kevésbé aktív, de termodinamikailag ott előnyben lévő – CO-tartalmával, a



vízgázreakcióban. A két folyamat összeadásával, azaz a H₂-es redukció közvetett részvételének következtében az

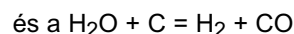
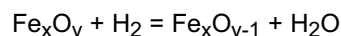


indirekt redukció részese-
sedése bizonyos mértékben gyarapodik, növelve a CO kémiai kihasználását és annak arányában csökkentve a hátrányos direkt redukció részvételét. S minthogy a H₂-nek ebben a bruttó folyamatban részt vevő hányada eredeti állapotában, azaz H₂-ként jelenik meg a torokgázban, a H₂-kihasználás szokványos meghatározásának eredménye elfedi, látszólag tagadja a H₂ közvetett, s ezzel a CO-kihasználását növelő, s egyben a direkt FeO + C = Fe + CO vasoxidredukció mértékét csökkentő, kedvező hatását.

Az 5. ábrán felismerhető, hogy a

vízgázreakció főleg 900 °C-nál kisebb hőmérsékleteken rendelkezik termodinamikai hajtóerővel (az egyensúlyi állandója a hőmérséklet csökkenésével nő). Nagyobb oxidfokozatú vasoxidok redukciója során a Fe₃O₄ redukciójában lehet számottevő, de a Fe₂O₃ esetében már csak mérsékeltebb a vízgázreakció bekapcsolódása, minthogy a H₂-es redukció folyamata termodinamikailag ott már erősen megalapozott.

Látható tehát, hogy a hidrogén redukcióképességének termodinamikai bázisai elsősorban a nagyobb oxidfokozatú vasoxidok redukcióira vonatkozóan érvényesek, s a CO-os redukciókéhoz képest ~850-900 °C-nál nagyobb hőmérsékleteken nagyobb hajtóerővel. Ahogy az Fe_xO_y + CO = Fe_xO_{y-1} + CO₂ reakció mértékét a CO₂ + C = 2 CO folyamata vonatkozó egyensúlyi törvények érvényre jutásával szabályozza, ugyanúgy működik a



reakciópár is, az adott hőmérséklettartományra vonatkozó egyensúlyi követelmények teljesítésével és a H₂ kémiai kihasználásának beállításával.

Az 5. ábrán azonban az is egyértelműen látszik, hogy a szóban forgó reakciópárok ΔG_T^0 -értékei közötti különbség, így egymásra gyakorolt metallurgiai hatásuk is a nagyolvasztó aknájában uralkodó kisebb hőmérsékleteken már jóval kisebb, azaz vagy a H₂O stabilitását erősítik (Fe₂O₃ redukciója esetén), vagy csak viszonylag kismértékű vízgőzredukcióhoz vezetnek (Fe₂O₂ redukciójában).

Így a H₂-es vasoxid-redukciós folyamat – csatlakozva a CO-os vasoxid-redukciós folyamathoz – valamelyest növeli az indirekt redukció bruttó részese-
sedését is, s ezáltal annak arányában csökkenti a kedvezőtlen C-os direkt redukció szükséges részarányát, valamint a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztást.

A hidrogén részvételének mértéke a szilárdanyag-tartomány (< 1000 °C) vasoxid-redukcióiban

A hidrogén tényleges részvételének a vasoxidok redukciójában és ezáltal a H₂ kémiai kihasználásának pontos

meghatározása – a torokgáz H_2O -tartalmát létrehozó külső források hiteles megállapításának bizonytalansága miatt – nagyon nehéz. Alapos, részletes H_2 -mérleg elkészítésére is kiterjedő vizsgálatok a hidrogén kémiai kihasználását $\eta_{\text{H}_2} = 40\text{--}48\%$ -ban, tehát viszonylag kis értékben adják meg [1], mely érték nyilvánvalóan és döntően a nagyolvasztó aknájában végzett redukció eredményeire épül. Ez irányú üzemi vizsgálatoknál célszerű az adagolás, illetve a nagykúpnýtás előtt venni a torokgázmintát, hogy az előző adag nedvességtartalma már ne jelenhessen meg a gázmintában.

A CO -éhoz ($\eta_{\text{CO}} = \sim 46\%$) képest kisebb η_{H_2} -érték következtében a torokgáz H_2 -tartalma és ezáltal fűtőértéke – a befűjt kokszkemencegáz mennyiségének függvényében – nő, a CO_2 -emisszió arányos csökkenése kíséretében.

Ez utóbbi kedvező következmény az integrált vasmű füstgáz rendszerében csak akkor jelenhet meg, ha a nagyolvasztóba vezetett és más hőigényű üzemtől elvont kokszkemencegáz-mennyiséget, nem nagyobb CO_2 -emissziót okozó tüzelőanyaggal lehet pótolni. A torokgáz nagyobb fűtőértéke pedig csak a H_2 nagyolvasztói hasznosulása nagyon kis mértékének és a szükséges hőkompenzációnak (oxigéndúsítás) tudomásulvételével juthat érvényre.

Következtetések

A kokszkemencegáz nem alkalmas a kokszt hőfejlesztő képességének számottevő mértékű részleges helyettesítésére a nagyolvasztóban.

– egyrészt mert a hidrogénoxidáció $\text{H}_2 + 0,5 \text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}$ folyamatának termodinamikai standard szabadentalpia-változása (ΔG_T^0) a hőmérséklet növekedésével egyre kevésbé negatív, ellentétben a $\text{C} + 0,5 \text{O}_2 = \text{CO}$ reakció ΔG_T^0 -értékeinek a hőmérséklet fokozódásával intenzíven növekvő negativitásával

(1. ábra), így lejátszódása nagymértékben háttérbe szorul a karbonoxidáció javára,

– másrészt a két folyamat összevonásából származó $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$ reakciónak – különösen 1600°C -nál nagyobb hőmérsékleten érvényes – nagy negativitása következtében a mégis képződő H_2O , hőfogyasztó redukcióval elbomlik.

A kokszkemencegáz nagy – túlnyomóan szabad állapotú – H_2 -tartalmának intenzív redukcióképessége a nagyolvasztó direktredukciós tartományában ($\geq 1000^\circ\text{C}$) gyakorlatilag nem jut érvényre az alábbi okok miatt:

– a $\text{FeO} + \text{H}_2 = \text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$ folyamat ΔG_T^0 -értékei csak $\sim 1650^\circ\text{C}$ -nál nagyobb hőmérsékleteken mutatnak jelentéktelen mértékű negatív értékeket (4. ábra), azaz termodinamikai lehetőséget,

– a nagy negativitással rendelkező $\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$ direktredukció és általa az összevonással kialakuló $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$ reakció – különösen nagy hőmérsékleteken – szintén erős negativitása csaknem teljesen háttérbe szorítja a wüstit H_2 -es redukcióját és ezzel annak lehetőségét is, hogy a C-nal történő kedvezőtlen direkt vasoxid-redukció ezáltal közvetlenül részben kiváltható legyen (4. ábra).

A kokszkemencegáz H_2 -tartalma meghatározott mértékű ($\eta_{\text{H}_2} = 40\text{--}48\%$) vasoxid-redukciót végez a Fe_2O_3 és a Fe_3O_4 oxidfokozatokban, növelve ezzel a gázzal ($\text{CO} + \text{H}_2$) végzett indirekt redukció részesedését és közvetve csökkentve a nagy energiafogyasztású C-os direkt redukció mértékét. Ez a hatás abból következik, hogy

– a H_2 -es redukció a $\sim 850\text{--}950^\circ\text{C}$ -os hőmérsékletek felett termodinamikai előnyt is biztosít a CO-os redukcióval szemben (5. ábra)

– a hidrogén a szén-monoxidénál sokkal kedvezőbb reakciókinetikai

adottságai révén olyan tartományokban is képes bizonyos mértékű redukciót végezni – majd a képződött H_2O -t, a $\text{H}_2\text{O} + \text{CO} = \text{H}_2 + \text{CO}_2$ folyamatban a CO-nak átadni – ahol arra a termodinamikai feltételek nem állnak rendelkezésére.

A várható kokszt/kokszkemencegáz helyettesítési hányados (kg/m^3) – termodinamikai alapon megítélve – nem közelítheti meg a kokszt/földgáz helyettesítési szám gyakorlatban kialakult $\sim 0,9 \text{ kg}/\text{m}^3$ értékét, alapvetően a η_{CO} - és az η_{H_2} -nek, a teljes nagyolvasztóra vonatkoztatott, eltérő termodinamikai sajátossága miatt, a CO javára mutató különbségeinek következtében.

A nagyolvasztói CO_2 -emisszió nyilvánvaló, fajlagos csökkenése, s a torokgáz nagyobb fűtőértéke egy integrált vas- és acélmű zárt rendszerében, csak kivételes hőkompenzáció, illetőleg kompetens tüzelőanyag-helyettesítés esetén juthat érvényre.

Irodalom

- [1] Farkas Ottó: Nyersvasmetallurgia. Tankönyvkiadó, Budapest, 1989.
- [2] P. Diemer és társai: Potentials for utilisation of coke oven gas in integrated iron and steel works. Stahl und Eisen 2004, 7, pp. 21–32.
- [3] T. H. Bürgler és társai: Operational results of a new blast furnace gas injection system. Stahl und Eisen 2004, 2, pp. 39–42.
- [4] K. Harste és társa: Quo vadis Stahlindustrie – wohin führt der Weg? Stahl und Eisen, 2011, 1, pp. 49–57.
- [5] Farkas Ottó – Farkasné Mayr Klára: A nyersvasmetallurgia energetikai és ökológiai vonatkozásai, Digitális egyetemi jegyzet, Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés, Budapest, 2018.

A bucavasolvasztás torokgáz-összetételen alapuló féldinamikus modellje

A hazai és a nemzetközi szakirodalom hagyományosan leíró módszereket használ a vasbucavasolvasztás jellemzésére. A szakirodalom áttekintése után megállapítható, hogy a folyamatok jellemzésére igénybevett módszer általánosan kvalitatív, főleg a tudománynpszerűsítő közleményekben.

A most bemutatott modellünk dinamikus, annak értelmében, hogy az állandó vagy változó fűvószél térfogatáramának az időbeli változását veszi alapul, mint független változót.

A kimenő jellegű változók közül a torokgáz-elemzés adataira épít. A modellépítés kiinduló alapjában természetesen a rendszert felépítő fázisok felhasznált mennyisége és vegyi összetétele a mérvadó. A torokgáz-összetételt gyakori mérésekkel követik a szerzők. Ez a megoldás kvázi-folyamatossá teszi a modellt, csökkentve a statikus modellek szokásos hátrányait, amelyek korlátozzák használhatóságukat.

A javasolt modell használatával értékelhetővé válik az ércek redukciós sebességének a mérése, valamint a jó kihozatalt biztosító redukciós idő értékének a meghatározása.

1. Bevezetés

A Miskolci Egyetem „Avar vasműveség az interdiszciplináris kutatások tükrében” című OTKA projektje (NKFI K 116396) kutatási tervének sarkalatos része volt a mára már szinte teljesen elfeledett, egyedüli kora középkori vaskohászati eljárás, a bucaeljárás kutatása rekonstrukciós kísérletekkel. Ez az alprojekt tartalmazott egyrészt szabad ég alatt, korhű körülmények közötti, épített bucakemencékben végzett próbakohósításokat, másrészt a Miskolci Egyetem Metallurgiai Intézetének műhelylaboratóriumában végrehajtott kísérleti olvasztásokat. Ez utóbbiaknak kettős funkciója is volt: egyrészt kevésbé „rapszodikus” körülmények között, megválasztott paraméterek vizsgálatával re-

konstruálni a korabeli bucavasgyártást, másrészt lehetőséget teremteni az eljárás metallurgiai elméleti vonatkozásainak a meghatározására is.

Hazánkban csak nagyon szűk körben történt-történik kutatás a középkori bucaeljárás metallurgiájával, technológiai jellemzőivel kapcsolatosan, de a külföldi szakirodalom – főként annak közismertebb művei, szereplőinek köre – sem bőséges. Bár az említett szűk körben, hazánkban korábban volt már példa korhű körülmények közötti kísérletsorozatokra [1] ugyanúgy, mint a bucaeljárás néhány kiválasztott paraméterének vizsgálatára laboratóriumi körülmények között [2], illetve elméleti számítások útján [3], a következőkben vázolandó, gáz-összetétel-méréseken alapuló modell a témakörben merőben újszerű.

Hári László 1974-ben végzett az NME Kohó- és Fémipari Főiskolai Karán, majd 1979-ben az NME Kohómérnöki Karán. Dr. techn. címet 1986-ban szerzett az NME Kohómérnöki Karán, majd PhD-oklevelet a Miskolci Egyetemen 1998-ban. A Dunaújvárosi Főiskola Metallurgiai Tanszékén 30 évig oktatott különböző kohászati szaktárgyakat. 1990–2002 között a Dunaferriben műszaki fejlesztéssel és környezetvédelemmel foglalkozott. Jelenleg külső óraadó a Miskolci Egyetem Metallurgiai Intézetben.

Török Béla szakmai életrajzát 2018/3. számunkban közöltük.

Bárány Máté és Szabó Lajos Ádám harmadéves anyagmérnök BSc-hallgató a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagmérnöki Karán fémelőállítás és felülettechnika szakirányon. Egyik érdeklődési területük az archeometallurgia. Hallgatói foglalkoztatás keretében részt vett az „Avar kori vasműveség az interdiszciplináris kutatások tükrében” című NKFIH K 116396 nyilvántartási számú kutatómunkában.

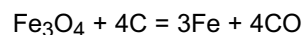
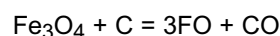
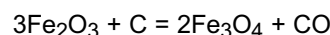
A témával kapcsolatba hozható külföldi összefoglaló művek is főként a többé-kevésbé korhű körülmények között végrehajtott rekonstrukciós kísérletsorozatok termék (bucavas) fókuszú bemutatásával [4] [5] foglalkoztak, illetve az egyes anyagmérlegekkel, tömegegyensúlyi állapotokkal [6], [7].

2. A torokgáz-összetételen alapuló metallurgiai modell alapelve

A bucavasolvasztásban épp úgy, mint a mai aknás kemencékre épülő metallurgiai berendezésekben a gázösszetétel érzékenyen közvetíti a gáz-szilárd típusú reakciókkal járó anyagmozgásokat. Mindkét esetben fellépnek zavaró hatások vagy reakciók, melyek kiküszöbölendők. Ilyen zavaró tényező az alapanyagok részleges elemzése, vagy a jelen levő nagy mennyiségű faszén különböző hőmérsékleten végbemenő reakciótermékeinek a megjelenése.

A redukciós folyamat mérőszámainak meghatározása szempontjából azok a reakciók érdekesek, melyek révén végbegy az oxigéntartalom csökkenése, illetve a fémvas képződése. Ezek nyilván a már közismert indirekt és direkt redukciós reakciók.

A direkt (szilárdkarbonos) redukciót illetően a bucakemence felső-középső régióiban, az ott lévő körülmények miatt nagy valószínűséggel az alábbi reakciók csak igen mérsékelt szerepet kapnak:



Ezzel szemben az exoterm szén-monoxidos reakciók előnyei a kemence aknájának felső régióiban nyilvánvalóak. Ugyanakkor meg kell jegyeznünk, hogy a bucakemence aknájának alsó részeiben, a fenék közelé-

ben, a fúvóka környékén a potenciális redukálószer (C vagy CO) aktivitásának kérdése nem meggyőzően tisztázott és egy jövőbeni kutatás tárgyát adhatja. A vasoxid-redukció nyomon követésének kulcsa az oxigén fázisváltásában nyilvánul meg, melynek révén az ércben kötött O₂, CO vagy CO₂ (kisebb részben H₂O) formában a gázfázisba kerül. Az első két komponens gázkromatográffal jól mérhető.

A kvázidinamikus metallurgiai modell konkrét mérési adatokra épül, nem szorul a statisztikailag felvett adatok sokaságára, mivel teljesen az anyagmérlegek és tömegáramok elvén alapul.

A módszer alapelve, hogy a torokgázokban levő N₂, CO, CO₂, CH₄ és O₂ komponensekre N-, C- és O-mérlegek írhatók fel. Ugyanezek a komponensek találhatóak a levegőben, a faszénben és részben a vasércben is, ezért nincs elvi akadály az oxigénelvonnás sebessége és mértéke meghatározásának.

Amennyiben a gázösszetétel mérése a fúvósík és a torok között több magasságban is megvalósítható, több információ nyerhető ki a modell alkalmazásával, pl. az oxigénelvonnást, annak mértékét az aknamagasság függvényében két vagy több szakaszra bonthatjuk. Az előbbieknél is hasznosabb a folyamatos gázelemzés alkalmazása.

3. A modell levezetése

1. táblázat. A torokgázok összetétele négy egymást követő mintavétel alapján (v/v%)

Jel	2_1	2_2	2_3	2_4
CO ₂	5,79	6,22	6,16	4,56
CO	24,86	24,90	24,96	26,64
CH ₄	0,77	0,16	0,24	0
H ₂	3,81	3,59	2,72	1,45
O ₂	0,38	0,93	0,80	0,83
N ₂	63,67	64,15	65,05	66,45

2. táblázat. A négy időintervallumra osztott redukciós folyamat számított mutatói

Mintaszám	2_1	2_2	2_3	2_4
Levegőáram, (m ³ /h)	9,0	9,0	9,0	9,0
Gázáram (m ³ /h)	11,17	11,08	10,93	10,70
Faszén fogyasztás, (kg/h)	2,13	1,55	1,25	0,54
Redukció, seb. (kgO/h)*	0,103	0,153	0,109	- 0,067
Redukció, seb. (kgO/h)**	0,262	0,312	0,265	0,172

* száraz torokgáz alapján

A féldinamikus modell alapjául szolgáló torokgáz-összetételek a Miskolci Egyetem Metallurgiai Intézetének műhelylaboratóriumában 200 mm átmérőjű és 90 cm magas mesterségesen kialakított retortákban elvégzett kísérletekből származnak.

A berendezés megépítése és részint a munkamód nem igazodott az autentikus bucagyártáshoz, annak részleteihez. Fő célunk a mechanizmus kutatása volt. A levegőt fúvógéppel vittük be, térfogatáramát rotaméterrel mértük. Az akna magasságában, több helyen hőelemeket építettünk be az elegyoszlop és az elegyfelszín hőmérsékletének a mérésére. A távozó torokgázokat begyűjtve a fúvatás alatt többször gázmintát vettünk. A felhasznált vasérc az ipari üzemektől kapott 66% Fe-tartalmú braziliai hematitos érc volt. A továbbiakban egy, a berendezésben elvégzett kísérletet mutatunk be, illetve a kísérlet vizsgálati eredményeit közöljük.

$$\begin{aligned} \dot{F} * \frac{C\%}{100} &= \dot{G} * \frac{CO_2 + CO + CH_4}{100} * \frac{12}{22,41} \\ \dot{F} &= \dot{G} * \frac{CO_2 + CO + CH_4}{100} * \frac{12}{22,41} * \frac{100}{90,1} = 11,08 * \frac{31,43}{100} * \frac{12}{22,41} * \frac{100}{90,1} \\ \dot{F} &= 2,085 \frac{kg}{h} \end{aligned}$$

A kísérlet fő paraméterei:

Vasérc frakciómérete: d=5–10 mm

Vasérc tömege: 6 kg

Előkezelés: 1 órás ízzítás 400 °C-on

Faszén (előfűtéshez): 6 kg

Faszén (redukcióhoz): 6 kg

Faszén mérete: 20–50 mm

Redukciós idő (fúvatástól): 90 min

Faszén összetétele: C = 90,1;

N = 0,4; H = 2,50; O = 5,0;

Hamutart. = 2,0 v/v%

Levegő térfogatáram:

L' = 9 m³/h

A torokgázok összetételét az 1. táblázat mutatja.

A gázok összetétele alapján a redukciós folyamatot időben négy részre lehet bontani. Az anyagmérlegeket (térfogat vagy tömegáram formában) a kezdeti állapot és az 1. gázösszetétel mintavétele közötti idő különbségére írjuk fel egy speciális sorrendben. Arra alapozva, hogy ismert a levegőáram értéke, valamennyi fontos fázis térfogat- vagy tömegáramát ki tudjuk számítani.

A gázáram értékét N-mérleggel határozzuk meg:

$$\begin{aligned} \dot{L} * N_2^{lev} &= \dot{G} * N_2^{gáz} \\ \dot{G} &= L * \frac{N_2^{lev}}{N_2^{gáz}} = 9 * \frac{79}{63,67} = 11,17 \frac{m^3}{h} \end{aligned}$$

A N-mérlegben a faszén N-tartalma elhanyagolható, mert értéke csak a kapott gázáram 3. tizedesében mutatkozna meg.

A faszén fogyasztásának tömegáramát (F') C-mérleggel határozhatjuk meg:

Tekintettel arra, hogy a torokgáz CO₂, CO és CH₄-tartalma a faszén égési és lepárlási folyamatainak következtében alakul ki, ennek alapján értékelhetjük a faszén fogyasztását is. Az alábbiakban becsüljük meg a levegőáramnak köszönhető faszénfogyasztást a szén-monoxiddá való elégés feltételezésével:

$$\begin{aligned} \dot{F}_{lev} &= 9,0 * 0,21 * \frac{2 * 12}{2 * 22,41} * \frac{100}{90,1} = \\ &= 1,123 \frac{kg}{h} \end{aligned}$$

A kettő közötti különbség a kishőmérsékletű lepárlással kapott faszén összetételi mutatóinak elhanyagolásából ered. Az égés és a lepárlás közötti különbséget nem egyszerű meghatározni. Ha azt tételezzük fel, hogy a faszén oxigéntartalma teljesen szén-monoxiddá alakul, akkor az égés + lepárlás okozta együttes faszénfogyasztás a következőképpen adódik:

$$\dot{F}_{lev+lep} = 9,0 * 0,21 * \frac{2 * 12}{2 * 22,41} * \frac{100}{90,1 - 5 * \frac{12}{16}} = 2,17 \frac{kg}{h}$$

Az eredmény közel van a korábban számított 2,085 kg/h értékhez.

Kijelenthetjük, hogy a C-mérleg alapján számított faszénfogyás tömegárama több, mint amit a száraz levegővel való elégetéskor, a faszén összetételének figyelembevétele nélkül számíthatunk.

Tekintve, hogy pontos faszénösszetétel nem áll rendelkezésünkre, nagy valószínűséggel becsülhetjük, hogy a különbség a faszén oxigéntartalmából adódó, CO-t termelő égésből és a H-tartalmú gázokat (CH₄, H₂, H₂O) produkáló lepárlásból fakad. Meg kell jegyezni, hogy bizonyos problémát okoz az a tény, hogy a gázkromatográf a gázok H₂O-tartalmát nem tudja elemezni, ezért a mérlegekkel is csak száraz gázok térfogatárama határozható meg. Szerencsés esetben, de itt nem részletezett módon, H-mérleggel meghatározható a H₂O tömegárama, és ezzel képezhetővé válik a nedves torokgáz mennyisége is. Ennek hiányában kissé bizonytalan feltételezésekre vagyunk utalva.

A bucavasgyártás következő és legfontosabb egyenlete az oxigénmérleg. Ebben szerepel az érc oxigéntartalma is a következők szerint:

$$\dot{O}_{lev} + \dot{O}_F + \dot{O}_{érc} = \dot{O}_{gáz} \frac{kg}{h}$$

$$\dot{L} * 0,21 * \frac{32}{22,41} + \dot{F} * O_{fsz} + \dot{O}_{érc} = \dot{G} * \left[\frac{CO_2 + 0,5 * CO + (H_2O)}{100} \right] * \frac{32}{22,41}$$

A már ismert L, F és G térfogatáramokat behelyettesítve kapjuk, hogy

$$9,0 * 0,21 * \frac{32}{22,41} + 2,085 * 0,05 + \dot{O}_{érc} = 11,17 * \left[\frac{5,79 + 0,5 * 24,86}{100} \right] * \frac{32}{22,41}$$

$$\dot{O}_{érc} = 0,262 \frac{kgO}{h}$$

Az oxigénmérleggel, a korábbi mérlegekre támaszkodva sikerült meghatározni az egyik legfontosabb paramétert, a redukciós sebességet.

Az oxigénmérleg felírásakor nem vettük figyelembe a torokgázok mintegy 0,5-1%-os oxigéntartalmát, mivel ez az érték feltevésünk szerint a mintavételi körülményekből ered. Ellenkező eset-

ben azt kellene feltételeznünk, hogy a levegőáram átfújta az elegyoszlopot. A mintavétel közvetlen az elegyoszlop felett történt, a távozó és begyűjtött torokgázok lángzónájának alsó határteréből. Ide bekeveredhetett a levegő oxigéntartalma.

Oxigénmérleget, illetve a belőle származtatott oxigénelvonási sebességet két változatban készítettünk, illetve kalkuláltunk, egyik esetben zérus, a másik esetben 2,0% H₂O-tartalom feltételezésével. Ezeket a mutatókat tartalmazza a 2. táblázat utolsó két sora.

A számításokat a gázminta eredményeinek mind a négy oszlopára megismételve kapjuk az összefoglaló eredményeket (2. táblázat).

Az említett bizonytalanságok miatt a redukciós sebességek értékeit átlagolni kell. A redukció sebességének értéke csak akkor lehet negatív, ha az olvasztás vége felé valamilyen okból reoxidáció lép fel, ennek elvi lehetősége megvan.

$$v_{red} = \frac{0,103 + 0,262 + 0,153 + 0,312 + 0,109 + 0,265 - 0,067 + 0,172}{8} = 0,164 \frac{kgO}{h}$$

Az oxigénelvonási sebesség átlaga jól becsülve tehát 0,164 kg/h. Az eredményt többféle módon értékelhetjük.

Kiszámíthatjuk a 6 kg vasércadagban levő vasoxidhoz kötött összes oxigén elméleti elvonásához becsült időt.

$$t_{red elm} = \frac{M_{\Sigma O}}{v} = \frac{1,692 \frac{kgO}{bet}}{0,164 \frac{kgO}{h}} = 10,32 h / betét$$

Ez hipotetikus érték, mely a valóóságban csak távolról közelíthető meg. Ha figyelembe vesszük, hogy bucavasgyártásban a vaskihozatal jobb esetben kb. 30%, akkor a korábban számítottak szerint az eltávolítandó oxigénmennyiség az eredeti értéknek csak 51%-a. Ebben az esetben a gyakorlatot jobban megközelítő redukciós idő:

$$t_{red gyak} = \frac{M_{\Sigma O} * 0,51}{v} = \frac{1,692 * 0,51 \frac{kgO}{bet}}{0,164 \frac{kgO}{h}} = 5,26 h / betét$$

Ha 20% vaskihozatalt feltételezünk és a maradék vasoxidokat FeO-nak

tekintjük, akkor az eltávolítandó oxigén részaránya csak 46,6%. Ebben az esetben a gyakorlati redukciós idő:

$$t_{red elm} = \frac{M_{\Sigma O}}{v} = \frac{1,692 * 0,466 \frac{kgO}{bet}}{0,164 \frac{kgO}{h}} = 4,80 h / betét$$

A 20-30% vaskihozatalhoz számított 4,8–5,26 h redukciós idők jól egyeznek a szimulációs kísérletek adataival.

A fenti statikus jellegű redukciós folyamat értelmezésén túl a szakaszonként meghatározott redukciós sebesség lehetőséget ad bizonyos kinetikai jellegű megállapításokra is. Rendeljünk a redukciós sebességekhez időt (3. táblázat)!

A továbbiakban kövessük a redukció időváltozását!

A redukciós folyamat kezdeti O-tartalma:

$$O_{kezd} = 1,692 kgO / betét$$

Az első félóra végére eltávolított O mennyisége:

$$\Delta O_1 = 0,5 * 0,183 = 0,091 kg$$

3. táblázat. Az összetartozó idő–redukciós sebesség értékpárok

Idő (h)	0	0,5	1,0	1,5	2,0
Redukciós sebesség, (kg/h)	0	0,183	0,233	0,187	0,052

A második félóra végére eltávolított O mennyisége:

$$\Delta O_2 = 0,091 + 0,5 \cdot 0,233 = 0,207 \text{ kg}$$

A harmadik félóra végére eltávolított O mennyisége:

$$\Delta O_3 = 0,207 + 0,5 \cdot 0,187 = 0,300 \text{ kg}$$

A negyedik félóra végére a redukció értéke:

$$\Delta O_4 = 0,300 + 0,5 \cdot 0,052 = 0,326 \text{ kg}$$

Az elvont oxigénmennyiség kumulált értékét az idő függvényében az 1. ábra mutatja. A folyamatos vonal a mért, a szaggatott a becsült értékeket mutatja.

A görbéről és más adatokból is megállapítható, hogy a minta vashoz kötött oxigéntartalma a redukciós sebességgel összhangban változik. Az oxigénelvonás sebessége először kicsi, majd nő, és egy maximumos görbe szerint később csökken.

A görbén és az egyéb számított adatokkal definiálható egy redukciós fok (R), mely a t időpontig eltávolított oxigén mennyiségét (ΔO_t) adja a kiinduló mennyiséghez (O_0) képest.

$$R = \frac{\Delta O_t \cdot 100}{O_0} \%$$

Az eltávolított oxigén mennyisége kifejezhető a redukciós sebességgel is:

$$R = \frac{\int_0^t v_r dt}{O_0} \cdot 100$$

A redukciós fok az idő függvénye. Értéke a redukció elején zérus, majd fokozatosan nő, és a redukciós folyamat végén egyre kisebb sebességgel éri el a maximális értékét.

3. A modell használatának és továbbfejlesztésének előnyei

A bucavasgyártásra kidolgozott dinamikus redukciós modellnek több előnye van. A kísérletekkel alátámasztott modell lehetőséget ad az oxigénelvonási folyamat általános törvényszerűségeinek fizikai-kémiai alapokon való

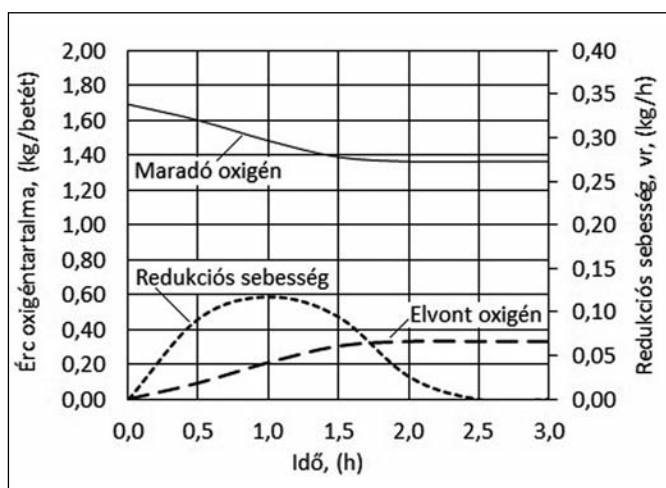
leírására. Ennek keretében feltárhatók a redukció sebességét befolyásoló tényezők, és lehetőség nyílik a redukció időtartamának elvi meghatározására. A fentiekkel egyezően a kinetikai modell lehetőséget ad a folyamatok időbeli szakaszolására és az egyes intervallumok folyamatainak további tanulmányozására.

A külföldön és a hazánkban elvégzett és elvégzendő archeometallurgiai célú kísérletek hatékonyabb értékelésének, egyúttal továbblépési lehetőségeinek egyik kulcsa a megfelelő statikus, majd dinamikus modellek kidolgozása.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítéséhez szükséges vizsgálatok a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatásával történtek (NKFIH K 116396 nyilvántartási számú támogatási szerződés, illetve kutatási program).

A cikkben ismertetett kutatómunka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.



1. ábra. Az oxigénelvonás mértéke és a számított redukciós sebesség értéke

Irodalom

- [1] Thiele Ádám: Az ércről a vastárgyig – a bucavaskohászat metallurgiája. BKL Kohászat, 144/1, 2011, p. 2–5.
- [2] B. Török – A. Thiele: Extracting phosphoric iron under laboratorial conditions smelting bog iron ores. 2nd Int. Conf. on Competitive and Technological Processes. IOP Conf. Series Materials Sciences and Engineering 47 (2013) 012034 doi10.1088/1757-899X/47/012034
- [3] Thiele Ádám – Török Béla: Vastermelés, vaskihozatal és a kohósított gyevasércek minimálisan szükséges vastartalma az avar és Árpád-kori vasbucakohászatban. Archeometriai Műhely 2011/4. p. 345–350.
- [4] Peter Crew: Twenty-five years of bloomery experiments perspectives and prospects. In: D. Dungworth and R. Doonan (eds), Accidental and Experimental Archaeometallurgy London: Historical Metallurgy Society, 2013 p. 25–50.
- [5] R. Pleiner: Iron in archeology: The European bloomery smelters. Archeologický ústav AV ČR, Praha, (2000) p. 132–133, 245–247.
- [6] Anneke Boonstra et al.: Experiments with a slag-tapping and a slag pit furnace. In: L.C. Nørbach (ed): Early Iron Production – Archaeology, Technology and Experiments. Technical Report Nr. 3. 1997, p. 73–80.
- [7] Andreas Kronz: Ancient iron production compared to medieval techniques in Germany: Fayalitic slag and elemental mass balances. Proceedings of International Conference of Archaeometallurgy in Europe (2003), Associazione Italiana di Metallurgia, 2004. p. 555–564.

1970–2018: A tíz Clean Steel konferencia történelme*

A Clean Steel konferenciák sorozata 1970-ben kezdődött; 2018-ban a tizedik konferenciára került sor Budapesten. A konferenciákat az OMBKE szervezte; a munkát a legnagyobb nemzetközi és nemzeti acélipari egyesületek támogatták. A konferenciákon összesen mintegy 2000 szakember vett részt és közel 500 előadás hangzott el.

1. Bevezetés

Az acélipar célja és feladata, hogy termékei a felhasználók igényeit a lehető legjobban kielégítsék. Régóta ismeretes, hogy az acél tisztasága és tulajdonságai között kapcsolat van: a tulajdonságokat az acél nemkívánatos szennyezői jelentősen ronthatják. Az acél tisztaságának fokozása ezért hosszú ideje fontos célja az acélipari vállalatok fejlesztő munkájának, amit kutatásokkal alapoznak meg.

A tiszta acélok kutatásában és fejlesztésében elért eredmények közzétételét és megvitatását célzó konferenciákat 1970-ig esetlegesen, koordinálás nélkül, általában szűkebb közösség részvételével rendezték meg; hatásuk emiatt csak korlátozott lehetett. Ezt ismerték fel az OMBKE vezetői, akik 1970-ben a német, francia, svéd és angol kohászati egyesület támogatásával útnak indították a Clean Steel konferenciák sorozatát, amelynek most a 10. eseményére került sor. Ez jó alkalom arra, hogy rövid áttekintést adjunk a tíz konferenciáról. A szerző fiatal mérőként már az első konferencia szervezésében részt vett, a továbbiakban pedig irányította a szervezést, így a tapasztalatok és a dokumentumok egyaránt rendelkezé-

sére állnak a konferenciasorozat történelmének áttekintéséhez.

2. A történelmi és szakmai környezet alakulása 1970 óta

1970-ben a nemzetközi kapcsolatokat a hidegháború határozta meg. Ez nemhogy az együttműködésre, de még a kapcsolatokra is rányomta a bélyegét. Az acélipart ebben az időszakban a dinamikus fejlődés jellemezte, amiben a keleti blokkban, de még a nyugati országok esetében is nem kis része volt a fegyverkezésnek. A keleti blokk a Szovjetunió vezetésével ekkorra a világ legnagyobb acéltermelő régiója lett. Nemcsak a termelésben, de a kutatásokban és új technológiák kidolgozásában is jelentős eredményeket értek el. A kommunikációt azonban a politikai helyzet jelentősen korlátozta, holott publikációkból, személyes kapcsolatok útján mindkét fél sokat tudott a másik fél acéliparának eredményeiről.

Azóta megváltozott a világ. A szocialista rendszer megbukott, a hidegháború megszűnt; a konfliktusok azonban nem szűntek meg, csak más pályára terelődtek. A hidegháború alatt a jövő többé-kevésbé kiszámítható volt; ma sokkal kevésbé kiszámítható.

A világ acéliparában hasonló mértékű és jelentőségű változások játszódtak le. A világháborút követő újjáépítés jelentősen növelte a keresletet; a világ acéltermelése ennek eredményeképpen a 70-es évek közepéig erőteljesen növekedett az acélipari termékek iránti kereslet és ezzel összhangban a termelés. Ennek a kornak legjelentősebb fejleménye a konverteres acélgyártás és a folyamatos öntés megjelenése volt; mindkét technológia gyorsan elterjedt a

világ acéliparában. Ezt követően az ezredfordulóig stagnált, ill. alig növekedett a termelés. A változást az ezredforduló táján a kínai acélipar robbanásszerű fejlődése hozta: 1970-ben a világtermelés ~ 600 Mt volt, ezen belül Kínáé ~ 18 Mt, ami az akkori világtermelésnek ~ 3%-a volt. 2016-ban a világtermelés 1630 Mt volt, azaz nem egészen háromszoros a 1970-es mennyiségnek; Kína ekkor 808 Mt acélt gyártott, a világtermelésnek kb. az 50%-át. Ez szükség-szerűen együtt járt azzal, hogy az acélipari K+F területén is az élvonalba kerültek. A 10. Clean Steel konferencia külső feltételrendszere tehát alapvetően más, mint az első volt.

3. Az indulás

Az OMBKE kezdeményezése az 1960-as évek végén majdhogynem forradalmi tettnek számított. Európa legjelentősebb acélipari országai vas-kohászati egyesületeinek vezetőivel közösen elhatároztuk az 1. Nemzetközi Clean Steel konferencia szervezését; ebben kiemelkedő szerepe volt dr. Nagy Zoltán egyesületi főttnak. Mivel akkor a keleti blokk szakembereinek nyelvtudása meglehetősen korlátozott volt, a konferenciának öt hivatalos nyelve volt: angol, német, orosz, francia és magyar. Ezeken a nyelveken folyt az előadások tolmácsolása, ami bonyolulttá és lassúvá tette a fordítást (először minden előadást magyarra fordított az érintett nyelvet beszélő tolmács, majd a többi tolmács ezt használta a saját tolmácsolásához; mindezt elvileg szinkron módon).

Az említett öt egyesület szakemberei határozták meg a konferencia fő témaköreit is. Ezek a következők voltak:

*A 10. Clean Steel konferencián elhangzott előadás szerkesztett változata

Tardy Pál egyetemi magántanár, az OMBKE exelnöke

1. táblázat. A Clean Steel konferenciák sorszáma és a rendezés éve

Sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Időpont	1970	1981	1987	1992	1997	2002	2007	2012	2015	2018

2. táblázat. Az előadások számának alakulása a konferenciák során

Konferencia sorszáma	1	2	3	4	5	Összes 1–5	6	7	8	9	10	Összes 6–10	Összes 1–10
Előadások száma	29	29	54	54	58	224	50	52	53	55	59	269	493

3. táblázat. Az előadók ország szerinti alakulása

Konferencia sorszáma, éve	1 1970	2 1981	3 1987	4 1992	5 1997	6 2002	7 2007	8 2012	9 2015	10 2018
Előadó országok száma	8	10	16	20	20	20	23	20	21	25

- a dezoxidáció elmélete és gyakorlata,
- a nemfémes zárványok keletkezése,
- a zárványok eredete különböző acéltípusokban,
- folyamatosan öntött acélok zárványossága,
- a zárványok és az acéltisztaság hatása a tulajdonságokra,
- a zárványok és az acéltisztaság vizsgálata.

Ez a tematika időtállóan bizonyult. A szerzett tapasztalatok, a számítógépek alkalmazásának rohamos terjedése és az acélgártási technológiák fejlődésének eredményeként a későbbiekben következő témakörökkel bővült a lista:

- a zárványok és a zárványosság kialakulásának szimulációja, modellezése,
- szekundér metallurgia,
- a salakok és folyósítók hatása,
- speciális dezoxidáló és zárványmódosító szerek és eljárások.

Az első konferencián 260 szakember vett részt a világ 22 országából. 29 előadás hangzott el; a legtöbbet francia és angol szakemberek tartották. Három magyar előadás volt a Lenin Kohászati Művekből, a Vasipari Kutató Intézetből és a Miskolci Egyetemről.

Az első konferenciát meglehetősen hosszú szünet követte: a másodikra csak 1981-ben került sor. Azóta viszont rendszeresen, 3-5 évenként megrendezzük a konferenciát. A lebonyolítást egyszerűsítette, hogy áttértünk az egy nyelvű (angol) rendszerre, tolmácsolás nélkül. Az első öt konferenciát Balatonfüreden, a Füred Szállóban, a többi Budapesten, a Hotel Flamencoban rendeztük meg. Ez a változtatás szintén lényegesen egyszerűbbé tette a szervezést (nem kell a résztvevőket a repülőtérre Balatonfüredre szállítani), és Budapest turisztikai szempontból is jó döntésnek bizonyult.

A konferenciák időpontját az 1. táblázatban mutatjuk be.

4. táblázat. A különböző országok szakemberei által tartott előadások száma 1970–2018 között

Előadások száma	
> 40	Franciaország, Németország, Svédország
30–40	Egyesült Királyság, Japán, Magyarország
20–30	Korea, USA
10–20	Szovjetunió (FÁK országok), Ausztria, Hollandia, Kanada, Csehország, Finnország, India, Szlovénia, Kína
5–10	Lengyelország, Argentína, Spanyolország, Belgium, Mexikó, Olaszország
<5	Románia, Malajzia, Tajvan, Észtország, Egyiptom, Lettország, Irán, Svájc, Szaúd-Arábia
5	EU, IISI

4. A konferenciák szervezési technikája

A nemzetközi acélipari konferenciák színvonalának biztosítása, a témák és időpontok egyeztetése céljából az acélipari egyesületek nemzetközi szervezetei: az ESIC (Európai Acélipari Egyesületek Szövetsége) és az acélipari egyesületek világszövetsége (IISI, majd WSA) évi tanácskozásain kialakították a fő követelményrendszereket. A legfontosabbak a következők:

- a konferenciák minőségének biztosítása céljából nemzetközi bizottságot kell létrehozni, amelynek feladata a tematika kialakítása, a benyújtott előadások elfogadása, a szakmai program kialakítása, a szekcióelnökök kijelölése;
- a konferenciák helyének és időpontjának meghatározása. Erre az említett szervezetek évente tartott közös tanácskozásán kerül sor;
- a konferenciát támogató szervezetek felkérése.

A Clean Steel Konferenciák szervezésénél ezeket az elveket kidolgozásuk (~2000) óta következetesen alkalmazzuk. Évente részt vettünk a két szervezet Düsseldorfban tartott tanácskozásán, ahol bejelentettük terveinket a soron következő konferencia szervezésére, és megállapodtunk a Nemzetközi Bizottság összetételében (általában 8 fő). A Bizottság munkáját ettől kezdve a konferencia

főszervezője (az OMBKE képviselője) koordinálta.

A konferenciák időpontját a bejelentett igények alapján közösen határoztuk meg, ügyelve arra, hogy a hasonló konferenciák időben megfelelő távolságra legyenek, ne zavarják egymást.

A nemzetközi acélipari konferenciák tematikája az idők folyamán rögzítésre került; az acélipari technológiák után a környezet- és klímavédelem területén is önálló rendezvények alakultak ki. A Clean Steel Konferenciák esetében a tematika az elmúlt évtizedekben kialakult és rögzítődött; a helyszínen és időpontokban a tárgyalások eredményeként mindig sikerült megállapodni.

A Clean Steel Konferenciák szervezését az alábbi nemzetközi szervezetek támogatták:

- Szén és Acél Kutatási Alap (RFCS)
- EUROFER
- Európai Acélipari Egyesületek Szövetsége (ESIC)
- Acélipari Egyesületek Világszövetsége (IISI)
- Acélipari Világszövetség (IISI, majd WSA)

A szervezést ezek mellett a nemzeti acélipari szervezetek is támogatták: az amerikai, belga, brazil, cseh, kínai, francia, német, olasz, japán, koreai, lengyel, spanyol és angol acélipari egyesületek adták nevüket, és járultak hozzá saját országukban a szervezéshez.

5. táblázat. A különböző témákban tartott előadások száma összesen

	Téma	Összesen
1. csoport	A zárványok és a tisztaság vizsgálata	77 előadás
2. csoport	Tiszta acél technológiák Zárványképződés és modifikálás Folyamatos öntés Szekundér metallurgia	40-60 előadás
3. csoport	Szimuláció, modellezés Ca a tiszta acélgyártásban Speciális megoldások	20-40 előadás
4. csoport	Áramlási viszonyok Salakok, folyósító szerek	< 20 előadás

6. táblázat. A különböző területeken elhangzott előadások részaránya

Téma	Részarány az összes előadásban [%]		
	Összesen	Az 1–5 konferenciánál	A 6–10 konferenciánál
Zárványképződés, módosítás	11,9	7	15,6
Szimuláció, modellezés	5,4	1,4	8,4
Áramlási viszonyok	3,6	3,1	4
Szekundér metallurgia	11	9,6	12
Folyamatos öntés	10,1	9,7	10,2
Vizsgálatok	17,2	14,3	19,6
A zárványok hatása	9,4	12,2	7
Salakok, folyósító szerek	4	3	4,8
Tiszta acél technológiák	15	25,5	7
Ca a tisztaacél-gyártásban	4,7	2,5	6,4
Speciális megoldások	7,8	11,7	4,8

7. táblázat. A legalább 10 előadást tartó intézmények

Az intézmény neve	Előadások száma
KTH Royal Institute of Technology, Svédország	16
IRSID, Franciaország	14
University of Oulu, Finnország	13
Tata Steel R&D, Hollandia	10
MEFOS, Svédország	13
School of Metallurgical and Ecological Engineering, University of Science and Technology Beijing, Kína	10

A konferencia előadásait a beküldött kéziratok felhasználásával angol nyelven (proceedings) rendszereztük és 2007-ig könyv alakban, azóta elektronikus formában (CD, majd pendrive) a résztvevők rendelkezésére bocsátottuk. A kiadványok a konferencia után megvásárolhatók voltak.

A nemzetközi gyakorlatnak megfelelően mindegyik konferenciát társasági programokkal tettük színesebbé. A balatonfüredi konferenciák esetében orgonakonzertet szerveztünk a tihanyi apátsági templomban, az ünnepi konferenciavacsorát pedig valamelyik közeli csárdában költhették el a résztvevők, folklór program kíséretében.

A budapesti konferenciák záró vacsoráját minden esetben az Európa hajón, háromórás hajókirándulás alatt rendeztük meg. Az időjárás a legtöbb esetben szép volt, és a külföldiek a fedélzetről csodálhatták meg az éjszakai Budapest látványát.

5. A konferenciák összesített mennyiségi jellemzői

A részt vett szakemberek létszáma konferenciánként 150 és 260 között változott. Tekintve, hogy a konferencia tematikája az acéliparon és acélipari kutatásokon belül viszonylag szűk területre korlátozódik, ez a szám jónak ítéltető. Összességében kb.

2000-re becsüljük a résztvevők számát a 10 konferencián. A részvétellel végig jellemző volt, hogy rendkívül sok országból, a világ minden részéből jöttek hozzánk a szakemberek. Az érintett országok száma összesen 40-re tehető; többségük természetesen európai, számos résztvevő jött a Távol-Keletről, Észak- és Dél-Amerikából, de néhányan eljöttek Ausztráliából és Afrikából is. Ezek alapján nyilvánvaló, hogy a konferencia joggal nevezheti magát jelentős nemzetközi rendezvénynek. A magyar résztvevők száma konferenciánként 5-10 között változott.

A konferencián elhangzott előadások száma érdekesen alakult (2. táblázat).

Eszerint a 10 konferencia alatt közel 500 előadás hangzott el. Az első két alkalommal – ahol még öt nyelven folytak az előadások – 29 volt az előadások száma. Annak eredményeképpen, hogy egyedül az angol lett a hivatalos nyelv, közel duplájára nőtt az előadások száma: a 3–10 konferencián 50-59 volt az egy konferencián elhangzott előadások száma.

Érdeemes áttekinteni az előadással szereplő országok számának alakulását is (3. táblázat).

Az előadással megjelenő országok száma, azaz a konferencia nemzetközi jellege 1970–1992-ig folyamatosan nőtt, majd 20-25 között stabilizálódott.

Megvizsgáltuk az egyes országok aktivitását az előadók küldése szempontjából is (4. táblázat).

Ezek szerint a CleanSteel konferencián összesen 32 ország szakemberei tartottak előadást, ami a konferencia jól lehatárolt tematikáját figyelembe véve meggyőző szám. A legtöbb előadás Svédországból, Franciaországból és Németországból érkezett, ami jól tükrözi acéliparuk törekvését a kiváló minőségű acélok gyártására.

Az idők folyamán természetesen változott a felsorolt országok aktivitása. Az első öt konferencián például Kínából és Indiából mindössze három előadás hangzott el, azóta viszont 25. Ez arra utal, hogy ezen országok acéltermelésüknek az ezredfordulón felgyorsult rendkívül dinamikus növekedése mellett a minőség fejlesztésére is nagy hangsúlyt fektetnek.

Ezzel függ össze az is, hogy míg

az első öt konferencián alig 30% volt az Európán kívüli előadások aránya, a második öt konferencián már több mint 40%.

6. Az előadások tematikájának alakulása

A konferencián elhangzott előadások tematikai megoszlásának értékeléséhez a témák gyakoriságában négy nagy csoportot képeztünk (5. táblázat).

A legtöbb előadás a zárványok, ill. az acél tisztaságának vizsgálatával foglalkozott. Ez ugyanis elengedhetetlen ahhoz, hogy a technológiák hatékonyságát és a további fejlesztések irányát meghatározzák. Az alkalmazott vizsgálati módszerek és technikák rendkívül változatosak és az elmúlt 50 év alatt sokat fejlődtek.

Mivel a konferenciákon elhangzott előadások száma változott, objektivebb és részletesebb képet ad az egyes témák súlya (részaránya) az előadások számában. Ezt az első öt és a második öt konferenciára külön is meghatároztuk, hogy kimutassuk a tematikai változások fő jellemzőit (6. táblázat).

Ezek szerint négy olyan témakört emelhetünk ki, amelyek részaránya összességében meghaladta a 10%-ot: – *zárványképződés és modifikálás*, – *szekundér metallurgia*, – *folyamatos öntés*, – *a zárványok és a tisztaság vizsgálata*.

Ezek az adatok egybevágnak az előző táblázat adataival. Figyelemre méltók viszont az első öt és a második öt konferencia tematikájában megjelent jelentős változások. Ezek az alábbi adatokkal jellemezhetők:

Az alábbi területek részaránya nőtt:

Zárványképződés 7–15,6%

Szimuláció, modellezés 1,4–8,4%

Ca szerepe 2,5–6,4%

A következő területek esetében jelentős csökkenést tapasztaltunk:

A zárványosság hatásai 12,2–7%

Tiszta acél technológiák 26,5–7%

Speciális megoldások 11,7–4,8%

Ezek közül a Tiszta acél technológiák témacsoportját érdemes kiemelni; az ide sorolt előadások kezdetben 26,5%-kal a legnagyobb csoportot alkották. Ezek konkrét acéltípusok esetében a gyakorlatban alkalmazott technológiákról szóltak. Drasztikus csökkenésük részben annak lehet a következménye, hogy a vállalatok nem vették szívesen, ha újak minősített megoldásaikat széles körben, kiváló szakemberek előtt ismertették.

Az előadások alapján valamennyi témakörben mód nyílik arra, hogy megállapítsuk az elmúlt 50 év során végbement fejlődést. Ezek tárgyalása meghaladja ennek a dolgozatnak a kereteit.

7. Az előadásokat bejelentő intézmények

Megvizsgáltuk a 10 konferencián elhangzott előadások beküldőinek intézmény szerinti eloszlását. A közel 500 előadás 45 intézménytől érkezett. A tényleges szám ennél kisebb, mert az eltelt közel 50 év alatt több intézmény átalakult, ill. megváltozott a neve; ezek azonosítása meglehetősen nagy feladat lett volna. Emiatt lehetnek olyan intézmények, amelyeknek a neve több változatban jelenhetett meg nyilvántartásunkban.

A 7. táblázatban a legalább 10 előadást bejelentő intézményeket soroltuk fel. Nevüket nem kívántuk meggyarar fordítani

Joggal állíthatjuk, hogy ezek az intézmények voltak – és még ma is azok – az elmúlt 50 évben a tiszta acél kutatásának legjelentősebb központjai. Szakembereik közül számosan több konferencián is előadást tartottak; a svéd és finn kutatók között többen is a 90-es évek óta aktív résztvevői a Clean Steel konferenciáknak.

8. Összefoglalás

A Clean Steel (tisza acél) Nemzetközi Konferenciák sorozata 1970-ben, Balatonfüreden indult. A konferenciát – akkor példátlan módon – az OMBKE mellett Európa legjelentősebb (angol, francia, német, svéd) acélipari egyesületeivel közösen szerveztük. Azóta összesen tíz konferenciára került sor; a legutóbbira 2018 szeptemberében, Budapesten.

A tíz konferencia történelmét áttekintve a legfontosabb megállapítások a következők:

– a konferenciákat végig széleskörű nemzetközi együttműködéssel szerveztük; az acélipar nagy nemzetközi szervezetei mellett 18 ország acélipari egyesülete támogatta a szervezést.

– A tematika meghatározását és az előadók szervezését 8 tagú nemzetközi bizottság segítette.

– Az első konferenciákra Balatonfüreden, az utóbbiakra Budapesten került sor.

– A tíz konferencián elhangzott előadások legfontosabb jellemzői:

• Összesen 493 előadás, a világ 32 országából.

• A legnépszerűbb előadási témák: a nemfémes zárványok vizsgálata, az üstmetallurgia, a zárványképződés és modifikálás, valamint a folyamatos öntés voltak.

• Az előadásokat 2007-ig könyv formájában, azt követően elektronikus formában (CD, pendrive) tettük közzé, angol nyelven.

• A legtöbb előadás Franciaországból, Németországból és Svédországból érkezett; a kínai előadások száma az utolsó konferenciákon jelentősen nőtt.

Források

A konferenciák előadásait tartalmazó kiadványok

A konferenciákkal kapcsolatos dokumentumok

K+F az acéliparban: források, lehetőségek, követelmények

A Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés szeptember 26-án szakmai szimpóziумot szervezett az acélipari kutatás-fejlesztés jegyében. A tagvállalatok, valamint a hazai egyetemek, kutatóintézetek együttműködésének elősegítését célzó, a hazai acélipar versenyképesség-növelésének lehetőségeit vizsgáló rendezvényen *dr. Móger Róbert*, az MVAE igazgatója ismertette az Európai Bizottság Szén- és Acélkutatási Alap (RFCS) struktúráját, működését, valamint beszámolt olyan, már lezárult, illetve folyamatban lévő kutatási projektekről is,



■ Az MVAE szakmai szimpóziум résztvevői

amelyeknek magyar vállalatok is résztvevői. A hazai és uniós K+F pályázati források rendszeréről, elnyerésük lehetőségeiről, illetve a pályázók-

kal szemben támasztott követelményekről beszélt előadásában *dr. Szabó István*, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal elnökhelyettese. A Magyarmet Finomöntőde Kft. K+F tevékenységét *Győri Imre* ügyvezető igazgató mutatta be. *Lenkeyné dr. Bíró Gyöngyvér*, a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. divízióigazgatója az ipari kutatás-fejlesztési projektek kihívásait elemezte, számos sikeres projekt tapasztalatai alapján.

Szilágyi Irén

Megújul az ipari skanzen Dunaújvárosban

A Gyártörténeti Gyűjtemény szabadtéri kiállítását 1989. szeptember 16-án ünnepélyes külsőségek között, kétnapos szeminárium keretében adták át. A kiállítás a következő műtárgygyűjtemest tartalmazta: kisvasúti dízelmozdony, pörgőszekrény, távműködtetésű, elektromos meghajtású gázszelep, gőzzel működtetett Worthington-szivattyú, hajtómű-fogaskerék, görgős meleg-egyengető, dugattyús légsűrítő, rövid és hosszú kardántengely, 2000 kg-os légkalapács, szénőrlő-malom, előlemez végvágó olló, öntökocsi öntőtáblákkal és kokillákkal.

Nyugdíjas vasműs mérnökök felvételére, az OMBKE pártfogásával, az ISD Dunaferre és az MVAE támogatásával megújult a Gyártörténeti Gyűjtemény szabadtéri kiállítása.

Az OMBKE helyi szervezetének elnöke, *Cseh Ferenc* élére állt a skanzen helyreállítási munkáinak, hogy visszaadhassák a szabadtéri kiállítás eredeti méltóságát. A tagok bíznak abban, hogy a fiatalokkal ezen keresztül is megismertethetik a múltat, hiszen a területen a Dunaferre történetének olyan gépei, berendezései, gépalkatrészei láthatók, amelyek a korábbi

technológiák alapberendezései voltak.

Nem volt nehéz meggyőzni az OMBKE Vaskohászati Szakosztály Dunaújvárosi Szervezete tagjait, hogy vegyenek részt a július 17–18-ra meghirdetett társadalmi munkában. A Dunaferre Létesítményi Tűzoltóság parancsnoka, *Szilasi János* és munkatársai is csatlakoztak a takarítási és parkrendezési munkákhoz, így látványos javulást tapasztalhat az, aki a főkapu közeli erdőszakaszon közlekedik. Több mint harmincan az aljnővényzettől, a cserjéktől, a rengeteg szeméttől tisztították meg a területet.

Tervezik, hogy a továbbiakban a kiállítás bejáratához ismét felállítanak egy tájékoztató táblát, amelyen feltűntetik a műtárgyak neveit, elhelyezkedését. Magára a műtárgyra már csak számokat helyeznek el. A gyomirtást követően, közüzalék-takarással veszik körbe a gépeket. Amikor minden elkészülnek, terveznek egy bejárást, s akkor már lesz ok az ünnepségre.

A tervek között szerepel a gyűjtemény bővítése, a feleslegessé vált eszközök és gépelemek ide kerülhetnek.

Az OMBKE Vaskohászati Szak-

osztály elnöke, *Bocz András* megerősítette, hogy soha nem látott aktivitást tapasztalt a tagok részéről. Egy klubdelután keretében sem jön össze nagyobb létszám, nem beszélve az ipartörténeti jelentőségéről, ami a vállalat múltjához kapcsolódik. Jó lenne hasonló állapotban látni a berendezéseket, mint ahogy ide kiállították őket. Ez a mostani munka másoknak is fölhívja a figyelmét ezen értékekre. Itt most együtt van a szakma és a hagyomány, mindkettő sarkalatos az egyesületünk életében.

Szente Tünde



■ Együtt az ipari skanzen helyreállításának önkéntesei: egyesületi tagok és a létesítményi tűzoltók, valamint vezetők

LENNART ELMQUIST¹ – STEPHEN HALL² – TORSTEN SJÖGREN³ – ERIK DARTFELDT³ – PETER SKOGLUND⁴ – JESSICA ELFSBERG⁴ – MARTA MAJKUT⁵

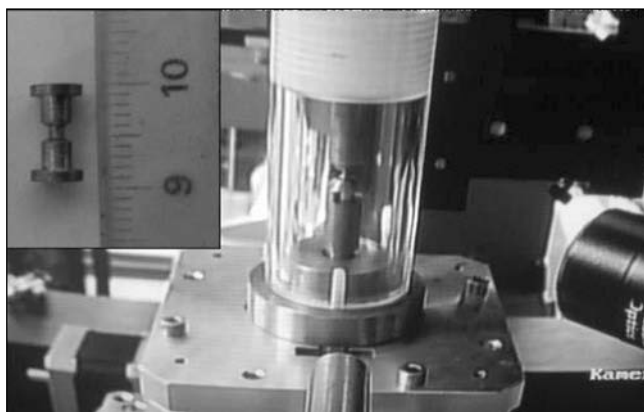
Öntöttvas mechanikai és szerkezeti jellemzése szinkrotronfény használatával*

A cikk leírja a szinkrotronfény használatával végzett munkát, amely vizsgálta a mikroszerkezetet és a háromdimenziós viselkedést terheléskor. Két, különböző mátrixszerkezetű és grafitmorfológiájú öntöttvasat vizsgáltak; a SiMo51-et, amely alapjában egy Si-mal és Mo-nel ötvözött gömbgrafitos öntöttvas (GÖV) és egy lemezgrafitos öntöttvasat (LÖV). A szakítópróbatesteket lépésekben terheltek, amelyekben röntgentomográfiás, valamint háromdimenziós (3D) röntgendiffrakció (XRD) méréseket végeztek a mikroszerkezet jellemzésére. Az eredmény mutatja, hogyan terjed a repedés és milyen utat jár be az anyagokban. A feszültségmezők elemzéséhez DVC-t (Digital Volume Correlation – digitális térfogatkorreláció) alkalmaztak. Ez a munka azt is megmutatja, mennyire hasznosak lehetnek a szinkrotronos kísérletek az öntöttvas mechanikai viselkedésének a tanulmányozásában.

1. Bevezetés

A nagyon kifinomult belsőégésű motorok fejlesztését a hatásfok és a teljesítménysűrűség javítására és az emisszió csökkentésére irányuló kívánság hajtja. Az ilyen fejlesztés elkerülhetetlenül az égési nyomás és hőmérséklet növekedéséhez vezet, aminek a következménye az anyagok fokozott terhelése. Ma a szilíciummal és molibdénnel ötvözött gömbgrafitos öntöttvasat (GÖV), a SiMo-ötvözeteket általánosan használják az olyan alkatrészekben, mint a kipufogórendszerek elosztócsövei, ahol a kemény

Ezeknek az anyagoknak a mechanikai viselkedését mások is tanulmányozták [1–4], azonban a mechanikai viselkedést a mikroszerkezeti tulajdonságokhoz viszonyító mikroszerkezeti elemzést a próbatestek végső törési pozíciójából vett, csiszolt, kétdimenziós (2D) felületeken végezték. Ehelyett az anyag mikromechanikájának a részletes megértéséhez in situ 3D elemzési megközelítés szükséges. Egy másik, a belsőégésű motorok alkatrészeiben használt öntöttvas anyag a lemezgrafitos öntöttvas (LÖV). A 3D mikroszerkezethez viszonyított mechanikai viselkedés jobb megértéséhez ebben



■ 1. ábra. A sugárvonalban elhelyezett összeállítás. A kis kép a bal sarokban a szakítópróbatestet mutatja

körülményeket elviselő anyagokra van szükség.

az esetben is lényeges modelleket kifejleszteni, amelyek előre jelezhetik hogyan fog viselkedni az anyag terhelés alatt. Ebben a munkában röntgentomográfiát használtak, együtt digitális térfogatkorrelációval (DVC) és 3D-s röntgendiffrakcióval (3DXRD) in situ terhelés alatt, hogy azonosítsák és jellemezzék a deformációs mechanizmusokat és a megfelelő fáziskölcsönhatásokat.

Az eredmények a különböző mikroszerkezeti hosszúsági skáláknak a makroszkópikus mechanikai reakcióra gyakorolt hatása jobb megértését szolgáltatják és magyarázzák a megfigyelt repedésterjedési utakat.

2. A kísérleti eljárás

A kísérletet az európai szinkrotronos sugárzási létesítményben (European Synchrotron Radiation Facility), Grenoble-ben, Franciaországban végezték, az ID11-es sugárvonalon. A kísérlet előtt mindegyik anyagból szakítópróbatesteket munkáltak ki. A specifikus összeállításhoz kidolgozott szakí-

¹ Swerea SWECAST, Research and Business Development, P.O. Box 2033, 550 02 Jönköping, Sweden

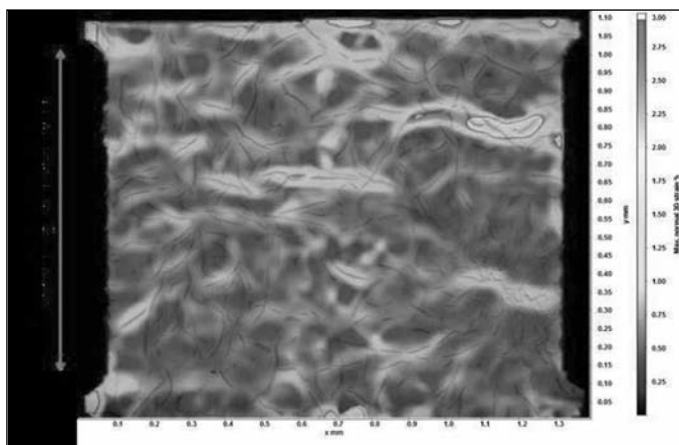
² Lund University, Division of SolidMechanics, Lund, Sweden

³ Research Institutes of Sweden, RISE Safety and Transport/Mechanics Research, Borås, Sweden

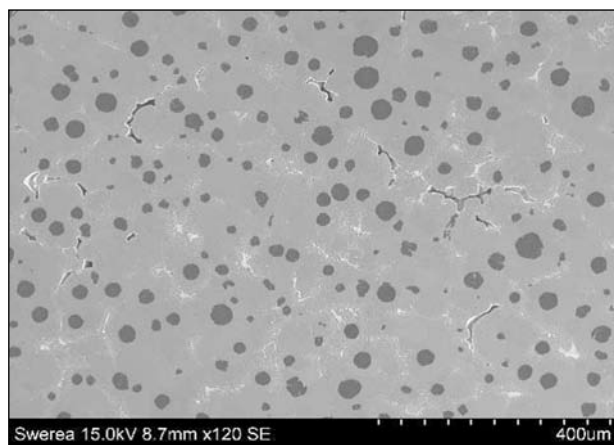
⁴ Scania CV AB, 151 87, Södertälje, Sweden

⁵ European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, France

* A 73. WFC Öntészeti Világkongresszuson elhangzott előadás kivonata



■ 2. ábra. LÖV-próbatest DVC-eredményei a 4. terhelési lépcsőben



■ 3. ábra. A SiMo anyag SEM képe

tóállványt használták a terhelési lépcsők alkalmazásához és vezérléséhez a sugárvonalon kívülről. Minden anyagból egy mintát monoton terhelésnek vetettek alá lépcsőnként, amelyek között röntgen tomográfias, valamint 3DXRD méréseket végeztek. Az 1. ábra mutatja a próbatest geometriáját és az összeállítást a sugárvonalban.

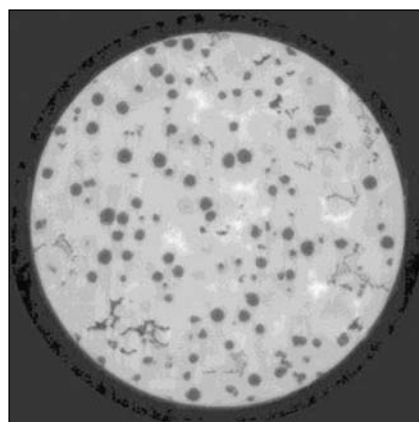
Emellett 2D-s mikroszerkezeti vizsgálatokat is használtak, hogy viszonyítsák és hitelesítsék a tomográfiai eredményekben talált különböző fázisokat. Ezeket a mintákat a szabványos eljárásoknak megfelelően csiszolták és polírozták, és tanulmányozták optikai mikroszkópot és SEM EDS-t (pásztázó elektronmikroszkópot és energiadiszperzív spektrométert) használva. A munka e részében a tomográfias és DVC eredményeket korrelálták a 2D-s mikroszerkezetekkel.

3. Az eredmények és tárgyalásuk

A LÖV esetében nagyon világos, hogy a grafitlemezek feszültségkoncentrációkként működnek. Az is nagyon világos, hogy a repedések nagyon korán megjelennek, és a terjedésük megtalálja a legkönnyebb utat, összekötve a lamellákat a legrövidebb távokkal a mátrixon át.

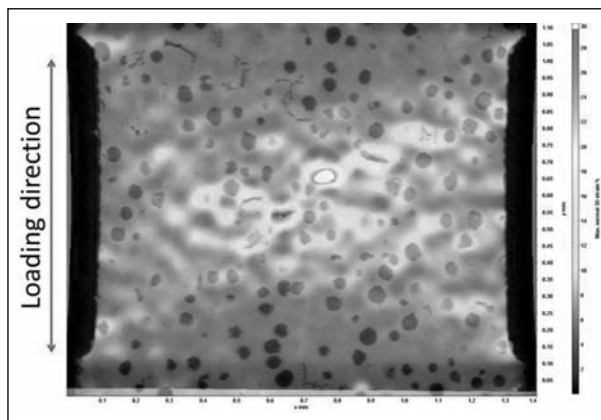
A 2. ábra a 4. lépcsőben DVC-vel kapott eredményeket mutatja (127 MPa névleges feszültség).

A nagy Si és Mo szintek következtében, a SiMo anya-



■ 4. ábra. SiMo minta röntgentomográfias képe

gok mikroszerkezete tartalmaz molibdén-karbidokat és gömbösödött perlitet is [5]. A 3. ábra mutatja a mikroszerkezetet. Az utolsónak dermedő régiókban ezek a szerkezetek zsugorodási hibákkal együtt találhatók. Világos, hogy bizonyos bezárt területek egynél több gömböt tartalmaznak.



■ 5. ábra. SiMo DVC-s elemzése. Deformációeloszlás és repedés indulása (537 MPa névleges feszültség)

A tomográfias képek összehasonlításakor hasonló viselkedést találtak (4. ábra). Ezen a képen még egy fontos körülményt figyeltek meg, kompakt grafit jelenlétét. Az 5. ábra a SiMo anyag DVC eredményeit mutatja. A deformáció eloszlása nyírási viselkedést tár fel, amely függ a minta méretétől és dimenziójától. Azt is mutatja, hogyan képződnek repedések, amikor a grafit delaminálódik a mátrix anyagától.

4. Következtetés

Az átfogó következtetés az, hogy a szinkrotronos fény nagyon hasznos a mikroszerkezetek és a hibák által a mechanikai viselkedésre gyakorolt hatás tanulmányozásában. Kimutatták, hogyan képződnek a repedési csírák és hogyan terjednek a repedések. A DVC nagyon hasznos információt ad a terhelés alatti deformációeloszlás megértéséhez. Az eredmények alapján javasolták a próbatest geometriájának az áttervezését, így az hasznosabb lesz a jövő kísérletekhez.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak az European Synchrotron Radiation Facility-nek (ESRF, Grenoble, Franciaország), a kísérlet befogadásáért.

Irodalom

[1] Norman, V., Skoglund, P.,

- Moverare J. (2016): Damage evolution in compacted graphite iron during thermomechanical fatigue testing, International Journal of Cast Metals Research, 29 (1–2), 26–33.
- [2] Norman, V., Skoglund, P., Leidermark, D., Moverare, J. (2016): The effect of superimposed high-cycle fatigue on thermo-mechanical fati-

- gue in cast iron, International Journal of Fatigue, 88, 121–131.
- [3] Nadot, Y., Mendez, J., Ranganathan, N., (2004): Influence of casting defects on the fatigue limit of nodular cast iron, Int. J. of Fatigue, 26 (3), 311–319.
- [4] Hervas, I., Thuault, A., Hug, E. (2015): Damage Analysis of a Ferritic SiMo Ductile Cast Iron Submitted to

Tension and Compression Loadings in Temperature, Metals, 5 (4), 2351–2369.

- [5] Ekström, M. (2013): Development of a ferritic ductile cast iron for increased life in exhaust applications, Licentiate thesis, KTH, Stockholm, Sweden.

Fordította: **Szende György**

TÖRÖK ANTAL

Alumíniumöntvények hőkezelése a Hőker Kft.-ben*

Az autóiparban rohamosan nő az alumínium felhasználása. A villamos autók fejlesztésében is fontos az alumínium szerepe. Ezen belül a leggyakoribb eljárás az alkatrészek öntése: a gravitációs öntés kokillába, homokformába és nyomásos öntés fémszerszámba. Az öntvényeket a szükséges tulajdonságok eléréséhez többnyire hőkezelni kell. A közlemény áttekinti a különböző anyagú és technológiájú öntvények hőkezelési módszereit.

Bevezetés

Néhány évtizeddel ezelőtt az volt az alumíniumfelhasználással kapcsolatos előrejelzés, hogy a repülőgépipar robbanásszerű növekedése kapcsán ennek a könnyűfémnek a legnagyobb felhasználója a repülőgépgyártás lesz. Ekkor túl költségesnek gondolták az alumínium felhasználását a gépjárművek esetében, és az volt az elképzelés, hogy a gépkocsinak az acél marad a fő szerkezeti anyaga. Nem ez következett be. Ma már kompozit anyagokból gyártják az új fejlesztésű, nagyméretű utasszállító

gépeket, ezzel szemben az alumínium felhasználása robbanásszerű mértékben növekedett és növekedik az autóiparban.

Az autóiparban használatos alumíniumöntvényekkel kapcsolatban a legfontosabb elvárás a nagy maradó alakváltozó képesség a nagy szilárdság mellett. Ehhez új technológiákra, új berendezések fejlesztésére volt szükség. Ezen belül is más-más elvárások jelentkeztek a gépkocsi-alkatrészekkel kapcsolatban, attól függően, hogy a korszerű gépjárművekben milyen funkciót kell teljesíteniük, ill. hová építik be őket.

Először a hagyományos üzemű, tehát dízel- és benzines gépjárműveknél alkalmaztak alumíniumöntvényeket, mint pl. hengerfej, motorblokk, turbó feltöltő, hűtő, klíma, féknyereg stb. alkatrészek esetében. Ezt követte a futómű és a karosszéria, különböző felfüggesztések, motortartók stb. alumíniumból való gyártása. Ma pedig az elektromos autók fejlesztésénél alkalmaznak egyre nagyobb mennyiségben alumíniumot, ezzel csökkentve a jármű tömegét, mely az akkumulátorok miatt jelentősen nagyobb lehet a hagyományos gépkocsi tömegénél.

Alumíniumöntvények hőkezelési lehetőségei

Az autóipari alumínium-alkatrészeket leggyakrabban öntéssel állítják elő, jellemző módon háromféle öntési eljárással, gravitációs öntéssel kokillába, vagy homokformába, ill. fémszerszámba történő nyomásos öntéssel.

Az alkatrészeket a szükséges fizikai jellemzők elérése céljából legtöbbször hőkezelésnek kell alávetni. Hőkezeléssel a munkadarabok folyáshatárát, rugalmassági határát, szakítószilárdságát, fajlagos nyúlását stb. lehet az elvárt mértékben növelni.

A hőkezelés megtervezésénél figyelemmel kell lenni ezen elvárásokra, és nem különben az öntés technológiájára, mivel a különböző technológiával öntött darabok más-más hőkezelési eljárást igényelnek.

A szakmai kifejezések szerint T5, T6, T7 jelű, ISO 9001 szabvány szerinti hőkezelésről, mint leggyakrabban alkalmazott eljárásról beszélhetünk. Mindhárom eljárásra példaként az alábbiakat ismertetjük.

A T5 hőkezelés (mesterséges öregbítés) egylépcsős hőkezelést jelent, így történik pl. a klímakompreszorok házának, a cilindereknek a hőkezelése, melynek célja a felületi keménység és egyben a kopásállóság növelése, valamint a használat során hőkezelés nélkül jelentkező alakváltozás megelőzése. Ezek a hőkezelések viszonylag kis hőmérsékleten (160–240 °C-on) zajlanak le, és az alkatrész felvesztettségétől, ill. a hőn tartás hőmérsékletétől függően, változó ideig tartanak.

Török Antal okl. gépészmérnök villamosipari technikumban érettségizett, majd a Nehézipari Műszaki Egyetemen szerzett gépészmérnöki diplomát 1976-ban. Első munkahelye Miskolcon a Tüzeléstechnikai Kutató Intézet volt, ahol tudományos segédmunkatársként kazánokkal, kemencékkel, olaj- és gázégők fejlesztésével foglalkoztak. Ezután nyolc évig a Vegyterv miskolci fiókjánál volt irányító tervező, ahol 1981-ben vegyipari rendszerbiztonsági szakmérnöki oklevelet is szerzett. 1982-től kisiparosként kemencék fejlesztésével, gyártásával foglalkozó vállalkozást alapított, majd 1991-től Hőker Kft. néven a családi vállalkozás ügyvezetője.

*A 2017. októberi 24-i Magyar Öntőnapokon elhangzott előadás szerkesztett változata.



■ 1. kép. Autóipari rögzítőelem hőkezelése

A T6 hőkezelés kétlépcsős. Egyrészt egy oldó szakaszból áll, viszonylag nagy hőmérsékleten (450–530 °C-on) és több órán keresztül tart. Ennek célja az ötvözőket oldatba vinni, a teljes keresztmetszetben. A hõn tartás ideje elsõsorban az öntvény tömegétõl, falvastagságától függ. Meghatározó az öntvény gyártási eljárása is, más módon kell hőkezelti a gravitációs öntéssel készített alkatrészeket és másként a nyomásos öntéssel gyártott öntvényeket. Az öntési eljárás és a felhasználói követelmények egyéb mûszaki jellemzõi meghatározzák a hőkezelési hőmérsékletet és a hõn tartási idõt.

Az oldó hőkezelés után nagyon gyorsan kell lehûteni az öntvényt, hogy az oldott ötvõzõk által létrehozott túltelített szövetszerkezet megmaradjon. Ez vízben vagy intenzív levegõáramoltatással történik. Teljes lehûlés után, rövid idõn belül kell következnie a második lépcsõnek, mely egy T5-típusú mesterséges öregbítés, ennél a hõn tartás hőmérséklete és ideje határozza meg az öntvény szilárdsági jellemzõit. Mindig tudni kell, mi az alkatrész funkciója, milyen felhasználói jellemzõket kell elérni. Kiemelt célja lehet a hőkezelésnek a nagyobb keménység, vagy a nagyobb folyáshatár, más esetben a nagyobb fajlagos nyúlás, illetve ezek valamilyen kombinációja lehet az elvárás. A mesterséges öregbítés után a Brinell-keménység akár 100 fölötti érték is lehet, más esetben a

fajlagos nyúlásra az elõírás 8–10%.

Az 1–2. képeken alkatrészek hőkezelése látható.

Nyomásos öntvények hőkezelése

A gépi nyomásos öntéssel gyártott öntvények esetében a legnagyobb problémát az okozhatja, hogy az oldó hőkezelés során a bezárt és nagy nyomással összepréselt levegõbezáródások kitágulnak és felületi hólyagosodás keletkezik, ez viszont az öntvény funkciójából következõen nem megengedett. Ezért ezeknek az öntvényeknek az oldó hőkezelését viszonylag kis hőmérsékleten és rövidebb ideig szabad végezni. A hólyagosodás elkerülése, ill. csökkentése érdekében öntéskor az öntõszer-számban vákuumot létesítenek, s így történik az öntés. A vákuumozás mértéke és sikere meghatározza a késõbbi nem kívánatos hólyagosodás mértékét a hőkezelés esetén.

A vákuumozással és nagy nyomással öntött darabok oldó hőkezelése után lehetséges a T6-típusú hőkezelés vízhûtés alkalmazásával, de vékony falvastagságú, bonyolult geometriájú öntvények, pl. karosszériaalkatrészek hőkezelésénél a levegõvel való gyors hûtést alkalmazzák, ezt hívjuk T7 hőkezelésnek. A vízhûtés mindig intenzívebb hûtést biztosít, így ebben az esetben az elvart szilárdsági jellemzõk kedvezõbb értéket adnak a levegõvel történõ hûtéshez képest, viszont nagyobb deformációt is okozhat. A nagy deformáció miatt gyakran csak a levegõhûtés jöhet számításba.

A levegõhûtés kellõ intenzitásának megtervezése komoly gyakorlatot igényel, különösen több alkatrész egyidejû hőkezelése esetében. A levegõhûtés intenzitását lehet fokozni nagynyomású párásító rendszer kiegészítésével, itt a lényeg, hogy olyan kis méretû vízcseppeket kell elõállítani, melyek nem érik el a forró öntvényt, mivel elõtte elpárolognak. miközben növelik a hõelvontást. A T6-típusú hőkezelés második szakasza a mesterséges öregbítés, melyet az elõzõekben már leírtunk. Ezzel az eljárással gyártják pl. a gépkocsik karosszériaelemeit, a karosszéria vázszerkezetét.

Elõfordul, hogy a leírt eljárásokkal sem lehet a kívánt szövetszerkezeti



■ 2. kép. Alumínium karosszéria-alkatrész hőkezelése

jellemzõket elérni. Ekkor az ötvözet módosításával, valamint a hőkezelés továbbfejlesztésével lehet eredményt elérni. Utóbbi többlépcsős mesterséges öregbítéssel valósítható meg.

A mesterséges öregbítést nem egy állandó hőmérsékleten végzik. Elkezdik egy kisebb hőmérsékleten, ekkor bekövetkezik a szilárdságnövelés első része. Ekkor a fémbe lévõ ötvõzõk (Si, Mg) atomcsoportosulásai adják a nagyobb keménységet, mivel ezek az alumínium-mátrix kristályrácsokban torzulásokat okoznak. Majd a hőkezelési hőmérsékletet megemelve, kiválós keményedés történik. A kiválós keményedést okozó vegyületek öntött állapotban a kristályrács határfelületein válnak ki, durva méretûek és rontják a szilárdsági tulajdonságokat.

A mesterséges öregbítés magasabb hőmérséklet-tartományában a vegyületek egyenletes finom eloszlásúak. Ennek eredménye a nagyobb fajlagos nyúlás és nagyobb szilárdság egyszerre. A T6 és T7 hőkezelések kapcsán fontos tudni, hogy az oldó szakasz és mesterséges öregbítés között nem telhet el hosszú idõ, a gyakorlatban ez néhány óra.

Elõfordulnak bonyolult alakú öntvények, melyek az oldó hőkezelést követõ hûtés során minden igyekezet ellenére deformálódnak. Különösen hajlamosak erre a vékony falú, karcsú autóalkatrészek. Ilyenkor az oldó hőkezelési szakaszt követõ lehûtés után etalonnal ellenõrizni kell az öntvénye-

ket, és egyenként a megfelelő fizikai beavatkozással helyrehozni a deformációt. Ekkor még lágy az öntvény, tehát általában sikeres a beavatkozás. A mesterséges öregbítés alkalmával már csak minimális deformációra számíthatunk, és akkor már kemény is lesz a darab, tehát ellenáll a deformációt korrigáló beavatkozásnak. A deformációk csökkentését segíti elő, ha az alkatrészt készülékbe

(kalodába) helyezve megfelelő alátámasztásokat alkalmazunk.

Összefoglalás

A járműipari alumíniumöntvények hőkezelése állandó, stabil térhőmérséklettel rendelkező kemencékben valósítható meg. A nagyon pontos hőmérséklet-vezetés, a nagy belső légkeringetés, a több zónás szabályozás

minimális elvárás az ilyen típusú öntvények hőkezelésére épített kemencék esetén.

A Hőker Kft. által fejlesztett és gyártott kemencékről és a cég hőkezelési tevékenységéről egy következő cikkben számolunk be.

Dr. Dúl Jenő professzornak szakmai segítségéért ezúton mondunk köszönetet.

73. Öntészeti Világkongresszus

A „Kreatív öntészet” mottójával 2018. szeptember 23. és 27. között Krakkóban rendezték meg a 73. WFC-t (World Foundry Congress), az Öntészeti Világkongresszust. Magyarországot az OMBKE, mint a WFO (World Foundry Organization) Öntészeti Világszervezet tagja, és a Miskolci Egyetem Öntészeti Intézetének delegáltjai képviselték (*I. kép*). A színvonalas kongresszuson 41 ország közel 1000 résztvevővel képviseltette magát, és 200 szakmai előadás hangzott el. Jelen volt 75 vállalati kiállító, akik legújabb fejlesztéseiket mutatták be, és próbálták értékesíteni azokat. A szervezőbizottság kiemelt fontosságúnak tartotta, hogy fiatal kutatók is nagy számban vegyenek részt a kongresszuson, így 64 főnek volt erre lehetősége, akik közül 12-en szakmai előadás keretében, 52-en pedig poszteren is bemutathatták kutatási eredményeiket.

Az ünnepélyes megnyitót követően *C. Kuhlitz* (Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH, Németország) Az elektromos hajtású autók piacának fejlődése 2030-ig; *N. Sobczak* (Foundry Research Institute, Lengyelország) A folyékony fémek kutatása a kreatív öntészet meghatározó része: a laboratóriumtól a termelésig; *P. Olszewski* (Pracownia Ludwisarska Jana Felczyńskiego, Lengyelország) VOX PATRIS – A világ legnagyobb működő harangja című plenáris előadásokat hallgathatták meg a jelenlévők.

A szervezők tudományos és ipari technológiai szekciókba sorolva alkották meg az előadások programját. Érdekes prezentációk hangzottak el

többek között a vas- és acélöntészet, a könnyűfémöntészet, a nyomásos öntészet, a szimulációs modellezés, a formázóanyagok, a fémkompozitok témakörökhöz kapcsolódóan.

A kongresszuson magyar előadók is bemutatták kutatási eredményeiket. A technológiák szekcióban *dr. Molnár Dániel*, az Öntészeti Intézet docense tartott előadást Billentve öntés szimulációja véges térfogatok módszerével címmel. A fiatal kutatók szemináriumán Mende-Tokár Monika, az Öntészeti Intézet tanársegédje mutatta be kutatási eredményeit A stronciummal végzett módosítás hatásának vizsgálata az AlSi8Cu3 öntészeti ötvözetben című előadása keretében.

A szakmai előadásokat követően a negyedik napon a kongresszus részt-

vevői Kielce-be utaztak a 22. METAL Fair szakmai vásárra, ahol számos kiállítónál, az öntészet szerteágazó területéhez kötődően volt lehetőség megtekinteni napjaink szakmai újdonságait.

Az előadások összefoglaló ismertetése megtalálható a <http://www.73wfc.com/technical-programme/> webcímen, illetve elérhető a Magyar Öntészeti Szövetség titkárságán pendrive-on, ahol érdeklődés esetén egy-egy cikk is kikérhető.

A kongresszus végén a Foundrymen's Night ünnepi zárórendezvényen a 2020-ban megrendezendő 74. Öntészeti Világkongresszus házigazdáját, a dél-koreai Busan városát mutatták be a koreai képviselők.

MTM



■ A kongresszus magyar résztvevői

Beszámoló a XXV. Pivarcsi László Szigetközi Szakmai Napokról

Az OMBKE Öntészeti Szakosztályának Ferencz István Észak-Dunántúli Regionális Szervezete az idei esztendő augusztus utolsó hétvégéjén 25. alkalommal tartotta hagyományos szakmai összejövetelét és baráti találkozóját, ismét a dunakiliti Diamant Hotelben. A rendezvény 2018-ban jeles évfordulóhoz érkezett, immár negyed évszázada gazdagítja programjával a szakmai kultúrát.

A létszám hasonlóan alakult az elmúlt évekéhez, több mint 90 résztvevő tisztelte meg az eseményt. A program péntek délelőtti rendhagyó módon a mosonmagyaróvári Lucsonyi kápolnában kezdődött egy kis megemlékezéssel. A nyitóbeszédet dr. Pintér Richárd, a helyi szervezet elnöke tartotta. A további események a Diamant Hotelnél folytatódtak, ahol lehetőség volt az öntészet gyakorlati fogásaival is megismerkedni, a „Kokillaöntési gyakorlat kezdők és haladók részére” program keretében.

Az előzetesen meghirdetett prog-

ram szerint dr. Pintér Richárd üdvözölte a megjelenteket. Beszédében szólt a korábbi évek hasonló rendezvényeiről, a helyi szervezet munkájáról, méltatta a tagság összefogását, melynek eredményeként immár 25. alkalommal kerülhetett sor erre a rendezvényre. Megemlékezett az időközben elhunyt tagtársakról. Végül köszönetet mondott a támogatóknak.

Ezt követően kezdődtek a szakmához kapcsolódó előadások:

1. **Bodó Zoltán** (Mosonmagyaróvár I., Szűz Mária Királynő és Szent Gotthárd plébánia): Védőszentünk Szent Borbála
2. **Molnár Zsolt** (Nemak Győr): Termélekenységnövelés tudományos alapokon
3. **Dr. Varga László** (ME MAK Öntészeti Intézet): Az öntészeti felsőoktatás helyzete – avagy mi történt az elmúlt egy évben
4. **Hudák Henrietta** doktorandusz (ME MAK Öntészeti Intézet): Öntödei formázó- és maghomok-keverékek

granulometria és szilárdsági tulajdonságainak vizsgálata

5. **Dr. Lukács Sándor** (ABM Kupral Kft.): Kortalan fém – sokoldalú felhasználhatóság: XXI. századi kihívások a réz és ötvözetek terén.

Az esti vacsora után a hagyományoknak megfelelően szakestélyt tartottunk a Sári Csárda pincéjében, ahol selmeci nótázásunk folytatásaként jó hangulatú éneklés következett.

Szombaton délelőtt a rendezvény résztvevői tiszteletüket tették egykori tagtársaink, *Ferencz István* okl. kohómérnök (1923–2003) és *Tamás Tivadar* technikus (1932–2008) sírjánál, adózva emlékük előtt.

A rendezvény ebédrel zárult. Akik a maradás mellett döntöttek, kihasználva a hotel remek adottságait, jó hangulatban töltötték el a hétvége hátralévő részét.

Legyen fényes sikere a kohásznak!

Farkas György
titkár

Beszámoló szakmai konferenciáról

2018. szeptember 12–14. között rendezték meg az 58. Nemzetközi Szlovén Öntőnapokat Portorozban, ahol összesen 33 előadás hangzott el. A konferencián közel 230 fő vett részt 16 országból. A plenáris szekcióban informális és szakmai előadások hangzottak el a német és szlovén öntőipar helyzetéről, könnyűfém- és vasöntészeti kérdésekről, valamint formázóanyagok és szimuláció témában. A plenáris szekcióban dr. Molnár Dániel, a Miskolci Egyetem oktatója tartott előadást nyomásos öntészeti szimuláció témakörben.

Az esti hajókirándulás után, a konferencia utolsó napján, öntöttvas és könnyűfém öntvények szekciójában folytatódott a konferencia, ahol további két magyar előadás hangzott el. *Hajas Gergely*, az Alu-Öntő Kft. képviselőjében tartott előadást a vékony

falú gravitációs öntvények gyártásáról, míg *Gyarmati Gábor*, a Miskolci Egyetem MSc-hallgatója az alumíniumolvadékok tisztításával kapcsolatban tartott előadást.

A sikeres konferencia zárásaként

elhangzott, hogy 2019-ben a WFO (World Foundry Organisation) által szervezett Technical Forum konferenciát és az 59. Szlovén Öntőnapokat közösen fogják megrendezni.

Molnár Dániel



TÖRÖK TAMÁS ISTVÁN

Fém-oxidos bevonatok fém hordozókon: a zománckötés

A bevonattechnológiák mindegyikénél kiemelten fontos a hordozó és a bevonat megfelelő kapcsolódása, vagyis a bevonat jó tapadása, mely részterülettel a tűzzománcozás fejlesztésében érdekelteknek mindig is foglalkozniuk kellett. A közelmúltban a Miskolci Egyetemen a felülettechnikai laboratóriumban folyó kutatások közé is bekerült ez a téma-kör, melynek kulcselemét jelentő kötésmechanizmusról és a fém/zománc közötti kötés kialakulásának időbeli folyamatáról ad rövid áttekintést a tanulmány.

1. Bevezetés

Arany és ezüst ékszerek tűzzománcal díszítésének első nyomait mintegy három évezreddel ezelőtti kultúrák (Ciprus, Mükéné, Egyiptom, Görögország) területén talált régészeti leleteken fedezték fel. Régészek a díszítő tűzzománcozás aranykorát az i. sz. VI–XI. századra teszik, melynek központja akkor Bizánc volt (1. ábra).

A mai Magyarországon a képző- és iparművészek közül még mindig sokan dolgoznak ennek a technikának természetesen sokkal kifinomultabb, de egyáltalán nem egyszerű változataival, a miniatűr ékszerzománcozott alkotásoktól a nagy faliképekig (2. ábra).

A díszítő tűzzománcozás változatos technikáiról már jó száz évvel ezelőtt is jelentek meg szakkönyvek, például az angliai, de Párizsban is tanult Alexander Fisher [1] zománcművész és kiváló tanár tollából (3. ábra).

Magyarországon viszont, a felsőfokú felülettechnikai képzés fejlesztése kapcsán a közelmúltban megjelent digitális tananyag [2] kívül, csak a mintegy negyven évvel korábbi kiadású, és az ipari szakkönyvtár sorozatában Albert Péter Pálnak [3] a tűzzománcozásról megjelent összefoglaló művét lehet olyanként megemlíteni, amely az akkori ipari tűzzománcozásról átfogó ismereteket igyekezett nyújtani. Ugyanakkor napjainkban, a fejlettebb világban, a korszerű ipari tűzzománcozás változatos felhasználási területeivel találkozhatunk, melyekből gyűjtött szemléltető példák (4. ábra) talán jól érzékeltetik, hogy az ipari bevonattechnikai eljárások között a tűzzománcozás ma is nagy jelentőséggel bír, különösen az ún. tűzzománcozható minőségű acélok (elsősorban lemezárak) felületkidolgozása területén.

Tudományos igénnyel viszont ez utóbbi szakterülettel sem sokan foglalkoztak Magyarországon, kivéve egy-

két doktori művet [4, 5] és szakmai közleményt [6], amelyekben acéllemez hordozókra vonatkozóan foglalták össze a szerzők a kutatási eredményeiket. Valójában részben ez a felismerés is ösztönözte azt a kezdeményezést, hogy a Miskolci Egyetemen a Kémiai Metallurgiai és Felülettechnikai Intézeti Tanszéken a felülettechnikai kutatásaink [7] körébe ezt a témakört is felvegyük [8–12], törekedve a meglehetősen nagy számú felület-kidolgozási módszerek minél szélesebb körének befogására és művelésére a Műszaki Anyagtudományi Karon.

2. Acéllemezek tűzzománcozása

A műszaki életben a vasalapú anyagokból készített termékeknek általában mindig számolni kell az adott felhasználásokra jellemző környezeti hatásokkal, melyek közül a korróziós hatások csökkentése az egyik legfontosabb. Ötvözetlen szénacél lemezek egyik leghatásosabb korrózióvédelmi bevonata pedig az üvegekkel összehasonlítható tulajdonságú tűzzománc. Üvegek és a velük rokonítható szilikátos anyagok, például a tűzzománcok kiváló vegyszerállósága acél hordozók felületén csak akkor kihasználható a műszaki gyakorlatban, ha ezeknek a nemfém bevonatoknak az acél alaphoz (szubszt ráthoz) kapcsolódása is megfelelő. Acéllemezeken tűzzománcozásának gyakorlatában hagyományosan kétrétegű bevonatrendszerrel (5. ábra) sikerült az üveges bevonó anyag és a fém hordozó közötti megfelelő kötésről (alapzománcok), illetve a környezet kémiai (korróziós) és fizikai/mechanikai (például koptató hatá-

Dr. Török Tamás István okl. kohómérnök, az MTA doktora és az MTA Metallurgiai Tudományos Bizottságának korábbi elnöke. Szakmai és egyetemi oktatói tevékenységében az oldatkémiai (hidrometallurgiai), a kémiai metallurgiai és egyes felülettechnikai és korróziós területek művelése a meghatározó. Nemzetközi (ASM, TMS, EFC) és hazai mérnökegyesületekben (HUNKOR, GTE, MKE, OMBKE) is aktívan tevékenykedik. Jelenleg a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán egyetemi tanárként dolgozik.

A cikk színes képei (1., 2., 3., 4., 11. ábra) a hátsó-belső borítón láthatók.

sok) elleni védelemről (fedőzomán-cok) egyidejűleg gondoskodni.

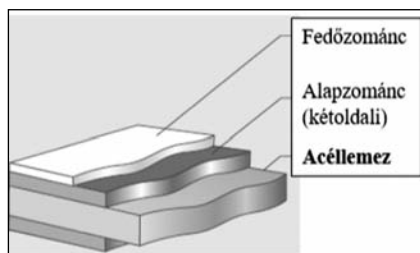
2.1. Alapzománcozás gyártástechnológiája

A tűzzománc bevonatok készítéséhez alkalmas anyagkeverékek sokkomponensű rendszerek, melyek összetevőit oxidos formában szokták megadni (1. táblázat).

A Ferro Corporation, a világ egyik vezető zománcipari cége, egyik friss szabadalmi leírásában [8] közölt alapzománcban 15 oxidos alkotó és még két egyéb adalék (fluorid és nitrit) szerepel. A hálózatképző oxidok (SiO_2 , B_2O_3) és a tűzzománcokban szokásos alkáli- és alkáliföldfém-oxidok (Li_2O , Na_2O , K_2O , CaO , BaO) mellett ötféle olyan átmenetifém-oxid (NiO , CuO , Fe_2O_3 , Co_2O_3 , MnO_2) is szerepel a zománcösszetevők között, melyeket a tűzzománcozás szakirodalmában elsődlegesen az acél hordozóval kialakítandó megfelelő erősségű kötés szempontjából tartanak fontosnak.

A különféle tűzzománc bevonatok készítéséhez kialakított egyedi receptúrák szerint összeállított anyagkeverékek magas hőmérsékleten történő összeolvasztás és gyorsűtés után finomra őrléssel kapott porát (fritt) felhordhatják szárazon, például elektrosztatikus szórással, vagy nedvesen, alkalmasan összeállított vizes szuszpenzió formájában. Az elektrosztatikus felhordásnál is alkalmazhatnak még kis mennyiségben további adalékokat (például sziloxánokat a porzemcsék összetapadása ellen), de a nedves szuszpenziókhöz (zománciszapok) többféle különleges adalék (agyag, bentonit, nitrit és egyéb sók, alkali-karbonátok, szerves adalékok stb.) bekeverése is szükséges, többek között a szuszpenzió stabilizálása és folyóképességének a beállítása érdekében.

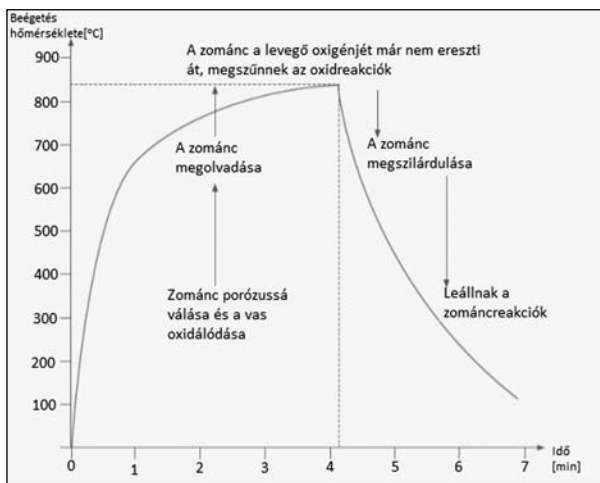
Mint a felülettechnikai eljárások általában, a tűzzománczal való bevo-



■ 5. ábra. Két rétegben tűzzománcozott acéllemez szemléltetése

1. táblázat. Egy korszerű alapzománc tipikus összetevőinek tömegszázalékos mennyiségi arányai oxidok formájában [13]

Összetevő	Optimális	Ajánlott	Tipikus
Li_2O	2,9–3,2	2,7–3,4	2,5–3,6
Na_2O	11,4–12,3	11,2–12,5	11,0–12,7
K_2O	1,3–1,7	1,1–1,9	0,9–2,1
CaO	5,8–6,4	5,6–6,6	5,4–6,8
BaO	3,5–4,5	3,3–4,7	3,1–4,9
B_2O_3	16,4–16,8	16,2–17,0	16,0–17,2
Al_2O_3	2,4–4,6	2,2–4,8	2,0–5,0
SiO_2	42,4–45,6	42,0–46,0	41,8–46,2
TiO_2	0–1,2	0–1,4	0–1,6
ZrO_2	3,4–5,9	3,2–6,1	3,0–6,3
NiO	2,6–2,8	2,4–3,0	2,2–3,2
CuO	0,7–0,8	0,5–1,0	0,3–1,2
Fe_2O_3	0,2–0,5	0,1–0,7	0,05–0,9
Co_2O_3	0,8–1,0	0,6–1,2	0,4–1,4
MnO_2	1,4–1,9	1,2–1,1	1,0–1,3



■ 6. ábra. A zománcpor beégetésének tipikus hőprofilja és a fontosabb részfolyamatok

natképzés is több műveleti lépésből áll, melyek a következők:

- bevonandó felület (hordozó) előkészítése,
- a bevonó anyag összeállítása,
- felhordás (pl. szórással, mártással, ráfolyatással stb.),
- szárítás,
- beégetés.

Acéllemezek tűzzománcozásakor a bevonás művelete előtt ugyanúgy gondoskodni kell az acél felületének előkészítéséről (tisztítás, zsírtalanítás, oxidmentesítés, érdesség beállítása), mint más bevonó technikáknál, de a lemezárak esetében érdemes megemlíteni azt az újabb törekvést, ami a közvetlenül tűzzománcozható felületállapotú lemezttermékek gyártására irányul.

A bevonatképzéshez zománciszapot használva, a szárítást nagyon körültekintően kell elvégezni, hiszen az iszap 40–50% vizet tartalmaz, és ennek esetlegesen visszamaradó nyomai is kellemetlen zománchibák kialakulását okozhatják.

A száraz („biscuit”) bevonatnak a felületre olvasztása és az üveges olvadéknak a szilárd hordozó felületén történő megszilárdulása (ún. beégetés) levegőn és közvetett fűtésű kemencében (folyamatosan vagy szakaszosan) történik, többnyire néhány perces tartózkodási idő alatt.

2.2. A beégetés folyamata

Az acél hordozó felületén a kemencében gyorsan felmelegszik és megömlik a vékonyan felvitt zománcpor, majd pár perc alatt meg is szilárdul (6. ábra).

A beégetés folyamatát általában négy fő szakaszra szokták bontani:

- felmelegítés ~ 550 °C hőmérsékletre,
- zománcpor megömlése 550...830 °C hőmérséklet-tartományban,
- átalakulások/reakciók a maximális hőmérséklet (~830 °C) közelében,
- lehűlés és megszilárdulás szakasza.

Felmelegedés közben a laza, száraz és pórusos szerkezetű zománcporbevonat alatt az acél felülete a levegő oxigén- és nedvességtartalmának hatására enyhén oxidálódik, miközben hidrogén is keletkezik (a vízgőz felületi redukciójából), ami részben a szilárd acélba is bediffun-

dál. Ezt a folyamatot a hőmérséklet növekedése elősegíti, mivel a hidrogén oldhatósága növekszik a hőmérséklettel.

Mintegy ötszázötven Celsius fok hőmérséklet fölött a zománcpor (egyes) szemcséi elkezdnek lágyulni, majd megolvadni, miáltal egy szemipermeábilis felületi réteg keletkezik, ami egyre jobban elzárja a gáz-halmazállapotú termékek transzportját a szilárd hordozó és a levegőatmoszféra között. Ebben a hőmérséklet-tartományban a felületen keletkezett vas-oxid is elkezd beoldódni a tűzzománc-ömladékbe.

A legmagasabb hőmérsékleti tartományban az egymással atomosan érintkező (acél/ömladék) összetevői között lehetséges kémiai redox reakciók is nagyobb sebességgel (intenzívebben) játszódhatnak le, mely folyamatok döntően befolyásolják a hűlés közben megszilárduló tűzzománc-bevonat és az acél hordozó közötti kötés jellegét és erősségét is.

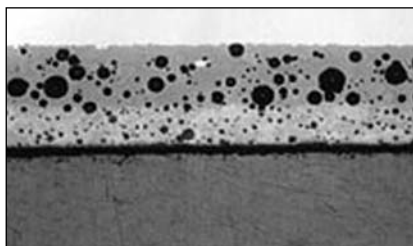
A negyedik, lehűlési szakaszban a megszilárduló tűzzománc-bevonatból az addig keletkezett gázok már nem tudnak kiszabadulni, melynek eredménye a tűzzománc-bevonatokra olyannyira jellemző „buborékos” szerkezet (7. ábra).

A tűzzománcozásra alkalmas öszszetételű acélokkal szembeni követelményeket nemzetközi és gyártói/felhasználói szabványok rögzítik (pl. EN 10130, EN 10209; DIN 17100 (st 34-2), DIN 17155, SE 613). Alapvetően kétféle acélminőség alkalmas a tűzzománcozáshoz:

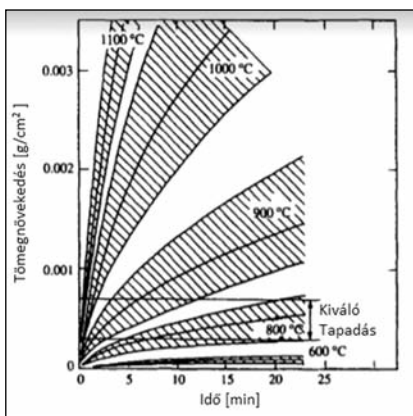
- kis széntartalmú acél, 0,02–0,10% C-tartalommal, és a
- dekarbonizált acél, kevesebb mint 0,004% C-tartalommal.

3. A zománckötés

Acéllemezek tűzzománcozásánál, illetve általában is kijelenthető, hogy fémek hordozóanyagok felületére üveges rétegek kialakításánál, az egyik legkritikusabb és legnehezebb feladat a kétféle anyag alkotóelemei (atomjai és ionjai) közötti erős kötés létrehozása. Fémek és üveges, azaz legalább részben amorf szerkezetű anyagok (kvarc, szóda-mész-, boro-szilikát-, aluminoszilikát-üvegek, porcelánok stb.) között megfelelő erősségű és akár tö-



■ 7. ábra. Tűzzománc-bevonat (alap- és fedőzománc acéllemezen) tipikus szerkezete (nagyított, keresztmetzeti csiszolati képen)



■ 8. ábra. Kovar ötvözet felületi oxidációjának mértéke levegőn a hőmérséklet és az idő függvényében [15]

kéletesen gáztömör kötés kialakítása tehát a különféle ipari tűzzománc bevonatos acéltermékekhez hasonlóan sok más fém-üveg rendszernél is alapvető elvárás. Például számos vákuumtechnikai, elektromos és elektronikai berendezésnél és alkatrészeknél szükséges gáztömör és erős fém-üveg forraszkötéseket kialakítani. Ugyanakkor e kérdéskör metallurgiai és anyagtudományi szempontból önmagában is nagyon érdekes, hiszen fémek kötésű anyagokat, fémeket és fémötvözeteket kell zömében kovalens kötéses, például szilikátos vagy boroszilikátos anyagokkal atomosan jól „illeszkedő” módon „összeépíteni”. Ahogy a tűzzománcozás sok évszázados gyakorlatában, ugyanúgy ez utóbbi területeken is számos bevált anyagkombinációt és technikát kitaláltak és sikerrel alkalmaznak.

3.1. Tiszta fémek és üvegek közötti kötés

A platináról például már régtől jól ismert, hogy a hőtágulási együtthatója az üvegéhez hasonló, és emellett az üvegolvadék a platinát jól is nedvesíti. Levegőn a nemesfémekhez hasonló-

an viselkedő platina felületén emellett stabil oxidok sem képződnek, így a fém-üveg kötés erősségét sem befolyásolhatják. E tekintetben a platinához hasonlóan viselkedik az arany is, viszont az ezüst esetében már figyelembe kell venni a felületén levegőn keletkező vékony oxidfilmet, ami képes beoldódni az üvegolvadékba ezüst-szilikátok képződése közben, s ennek következtében a kötés is erősebb lesz.

A nikkelről részletesebb vizsgálatokkal kimutatták [14], hogy a nikkel az üveggel képes közvetlen (direkt) fém-üveg, és a nikkel(II)-oxidon keresztül pedig Ni-NiO-üveg jellegű oxidos kötet is kialakítani. Azt is tapasztalták, hogy a direkt Ni-üveg kötés fémes színű volt, erőssége pedig kisebb volt, mint a zöldes-szürke színű oxidos kötésé.

A fentebb említett típusú fém-üveg kötéstechnikai megfigyelések és fejlesztések korábban gyakran kapcsolódtak például az izzólámpák és más elektronikai eszközök olyan feladataihoz, mint például az ún. átvezető (feedthrough) huzalok üvegbe foglalása. A vasat és a vasalapú ötvözeteket, talán a Kovar (Fe-Co-Ni ötvözet) kivételével, ugyan jellemzően átvezető huzaloknak ritkán használták, viszont a fém-üveg, illetve fém-fémoxid-üveg anyag-rendszerekre vonatkozó ilyen jellegű megfigyelések a tűzzománcozással kialakított kötésmechanizmusok mélyebb megértése szempontjából is hasznosak. A Kovar ötvözetet például üvegbe forrasztáshoz először nedves hidrogénatmoszférában hevítve a felületre tapadt szerves és egyéb szennyeződésektől gondosan megtisztítják, majd a felületét optimális mértékben (8. ábra) levegőn hevítve enyhén oxidálják.

A vashordozó és a kobalt-oxid-tartalmú üvegek között kialakuló kötésről, többek között, már az is ismert [16], hogy a szilárd vas és az üvegolvadék kobalt-oxidja közötti felületi kémiai reakcióban képződő vas-oxid is képes beoldódni az üvegbe, miközben a redukálódott Co ötvöződhet a vassal, és dendrites kristályokat képezve javítja a kötéserősséget.

Vashuzalt ólomüvegbe viszont közvetlenül nem lehet például átvezetőként gáztömören beforrasztani, mivel a vas könnyen redukálhatja az ólom-

oxidot fém ólommal, ami viszont gyakorlatilag oldhatatlan a vasban. Ilyen esetben korábban a vashuzalnak előzetesen rézzel, nikkkel vagy krómmal való bevonását javasolták. A krómmal kapcsolatosan azt is megemlítik, hogy a Cr képes az üvegből Si-ot redukálni, és króm-szilicid kristályokat képezve erősíteni a kötést [16].

A réz és az üveg közötti kötés jellegének vizsgálata, illetve mélyebb megismerése egyébként azért is érdekes, mert az (ipar)művészeti tűzzománczásnál hagyományosan (valójában több száz éve!) rézlemezre történő tűzzománcozás és tűzzománcfestés [17] meglehetősen elterjedt technika. Az elektromos vezetőként használt tiszta réz-üveg kötésnek pedig a vákuumtechnikai alkalmazásoknál teljesen hibamentesnek és erősnek kell lennie. Közismerten a tiszta fémes réz nem köt jól az üveghez, de a réz(I)-oxidot már jól nedvesíti az üveg, amelyben részlegesen fel is tud oldódni, és emiatt a réz-réz(I)-oxid-üveg kötés már erős is lesz. Ugyanakkor a réz(II)-oxidos felülettel az üveg kötése gyengébb lesz, és ilyenkor a tömítetlenség veszélye is nagyobb. Ez ellen a gyakorlatban jól bevált megoldás az, hogy az üveggel összeépítendő (forrasztandó) réz felületét előzetesen bóraxszal vonják be, miáltal a levegőn történő forrasztási műveletek során az üveg-ömladék alatti (belső határfelületi) nátrium-borátos olvadékfilmen keresztüli oxigéndiffúzió csak a réz(I)-oxid képződését „engedi meg”, és ezáltal mintegy meggátolja a réz(II)-oxid képződését és egy túlságosan vastag és nemkívánatos belső határfelületi rézoxid-réteg kialakulását.

3.2. Kötés kialakulása keményforrasztás (brazing) fémek/ötvözetek és műszaki kerámiák között

Ezeknél az anyagpároknál kialakítandó kötések jellege is rokonítható a korábbiakban említett rendszerekhez, noha a műszaki kerámiák (alumínium-oxid, cirkónium-oxid, berillium-oxid, szilícium-karbid, titán-karbid, szilícium-nitrid, bór-nitrid, szialonok stb.) esetében éppen hogy a fémes komponens (forrasztanyag) fog megol-

vadni, majd megszilárdulva a kötést létrehozni a jóval nagyobb olvadáspontú oxidos vagy egyéb (nitrid, karbid, borid) vegyületekkel párosítva. Forrasztástechnikai szempontból elsődlegesen ez utóbbi anyagok fémekkel való rossz nedvesíthetősége szokott gondot okozni, melynek áthidalására a gyakorlatban többnyire vagy a kerámiák ún. felületfémezését (metallization), vagy pedig a keményforrasztás ötvözetnek nagy kémiai reakcióképességű adalékkal keverését (például titánt adva az Ag-Cu forrasztótvözethez alumínium-oxid kerámiák keményforrasztásánál) alkalmazzák. Ez utóbbi eljárást reaktív keményforrasztásnak (active metal brazing) is nevezik, hiszen a Ti eléggé nagy hőmérsékleten kémiai reakcióba fog lépni ($3[\text{Ti}] + \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow 2[\text{Al}] + 3\text{TiO}$) az alumínium-oxid felületével, ezzel elősegíti a jobb nedvesítést és az erős forrasztás kialakulását. Az ilyesféle keményforrasztásos eljárások eredményes kivitelezése meglehetősen összetett, többlépéses folyamat, melyre egy szemléltető példa az alábbi [18]:

Felületfémezés (metalizing) típusú előkezelés keményforrasztáshoz

Feladat: Al_2O_3 kerámia (ún. debased alumina) forrasztása valamilyen fémhez

A felületfémezéshez használható keverék („festék”):

- molibdén (Mo)
- +mangán-oxid
- +üvegfritt
- +vivőanyag (carrier vehicle)
- +oldószer

I. lépés: Ezzel a pasztaszerű „festékkel” bekenet felületű Al_2O_3 alapú kerámiát nedves (H_2O -tartalmú) hidrogénben vagy bontott ammónia gázatmoszférában és 1500°C -on hőkezelik, vagyis ezt a pasztaszerű anyagot „rásütik/rámelegítik” a felületre. E ke-

verék üveges fázisa ezáltal kötést létesít a kerámiával, és szinterelődik is a fémszemcsékkel. (Feltétel, hogy az Al_2O_3 alapú kerámiának legyen üveges/szilikátos fázisa, megfelelő kötőanyag-tartalma is (debased alumina), amivel a MnO-os üvegfritt olvadék elegyedni lesz képes.)

II. lépés: Ezután a fémezett felületre nikkelt választanak le, akár galvántechnikai úton, akár vegyi nikkelezéssel.

III. lépés: Ezután ha szükséges, újból szinterelik a darabot hidrogénben.

IV. lépés: Maga a keményforrasztás, például a 72Ag-28Cu eutektikus forrasztótvözzel történhet, aminek viszonylag kicsi (780°C) az olvadáspontja és emellett elégségesen rugalmas is.

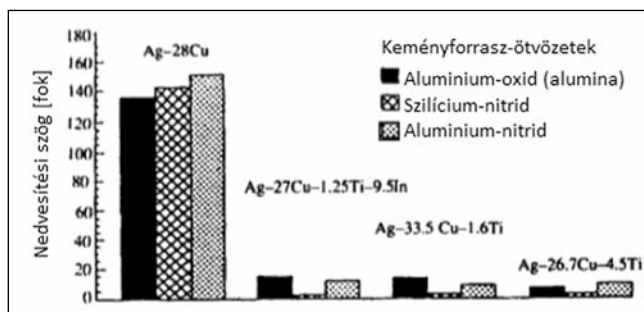
A példaként említett Ag-28Cu keményforrasztás anyagnak a különböző kerámiákat nedvesítő képessége ugyanakkor viszonylag rossz (9. ábra), és ennek javítása céljából vezették be ezeknek az ezüst-réz keményforrasztótvözeteknek a fentebb már említett titánnal való ötvöztetését (active metal brazing).

3.3. Kötés kialakulása acélok és tűzzománcok között

A bemutatott példák azt is bizonyítják, hogy eltérő anyagféleségek között erős és tartós kötést kialakítani egyáltalán nem egyszerű feladat. A tűzzománcozás több évszázados történeti fejlődését áttekintve is az állapítható meg, hogy a fémes hordozók (színesfémek, vasalapú ötvözetek, tiszta fémek), továbbá a tűzzománcozáshoz felhasznált anyagkeverékek összetételének egyre megbízhatóbbá válása egyre jobb minőségű tűzzománc bevonatos termékek előállítását tette lehetővé, annak ellenére, hogy az acél-tűzzománc kötésmechanizmus részleteinek tudományos alapokról építkező feltárása még napjainkban is igen csak aktuális feladat.

A múlt század első felében már több számításba vehető elemét felvázolták a kötés erősségét meghatározó részfolyamatoknak (2. táblázat).

A 2. táblázatban összefoglalt fontosabb zománc-kötés-elméletek megneve-



9. ábra. Titánötvöztetés hatása az ezüst-réz keményforrasztótvözetek kerámiákat nedvesítő képességére

zéseiben ugyan nincs utalás arra az alapvető feltételre, vagyis a felületi nedvesíthetőségre, amit a keményforrasztás példája kapcsán is kiemeltünk, de természetesen ez a tűzzománcozás gyakorlatában is alapkövetelmény. A szénacél hordozók (lemez-áru, edények stb.) felületére olvasztott tűzzománc-bevonat jó tapadása kialakulásának is egyik előfeltétele, hogy a hevítő kemencében levegőn fokozatosan megfolyósodó tűzzománc megfelelően nedvesítse a szilárd acél felületét. Ezt szemlélteti a 10. ábra, melyen az oxigénmentes (felső sor) atmoszférában (argon gázban) melegített tűzzománc-ömladék idővel egyre jobban összehúzódik, vagyis rosszul nedvesíti az oxidmentes acél felületét.

Az utóbbi évtizedekben sokan használták a legkorszerűbb mikroszerkezet- és elemanalitikai nagyműszeres vizsgáló módszereket az acél próbalemezeken kiindulási és/vagy különféle előkezelések utáni felületállapotának minősítésére, majd a felvitt tűzzománc bevonatok és az acél hordozó közötti tartományokban kialakult anyagösszetétel és szerkezet egyre részletesebb feltérképezése céljából, amivel a kialakult kötés milyenségére és erősségére is következtetni tudtak [28]. Barcova és munkatársai [29] például a legkorszerűbb nagyműszeres felületanalitikai módszerekkel (EMPA:

2. táblázat. Szénacél hordozó és a tűzzománc közötti kötés kialakulását magyarázó korábbi elméletek

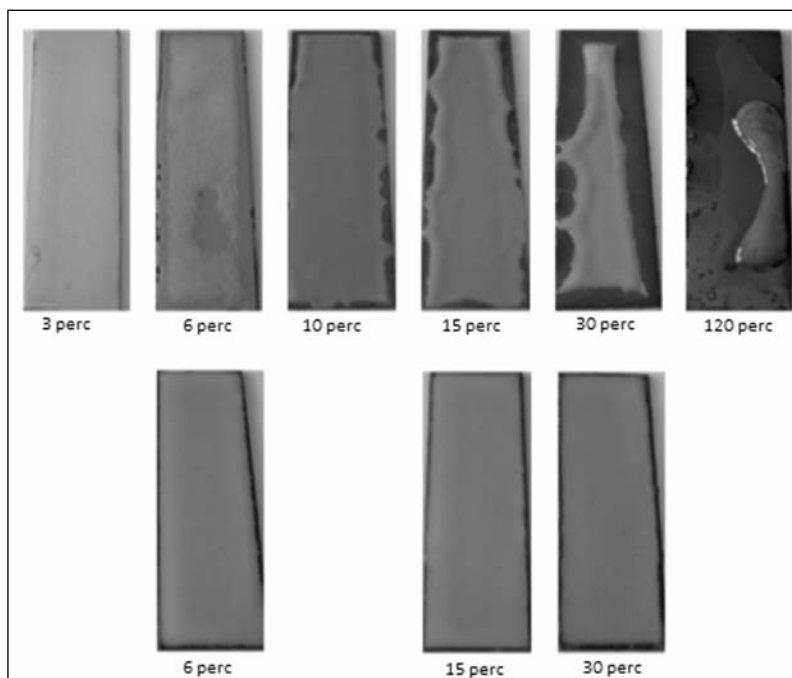
Kötésjellegzet leíró elméletek	Szerzők	Közlés éve	Hivatkozás
Dendrites elmélet (α -vas kristályok benövése a zománcrétegbe)	King et al. King	1932 1933	19
Korróziós galvánelem elmélet (Szénacél és a szilikátolvadék között redox folyamatok)	Staley Dietzel	1934 1935	20 22
Vasoxidos átmenetiréteg elmélet	Kautz	1936	23
Kobalt-redukciós elmélet (Acélból felszabaduló hidrogén redukálja a kobalt-oxidot)	Healy és Andrews	1951	24
Mechanikai kapcsolódás elmélet	Eubank és Mooret	1955	25
Kémiai kötés elmélet (Vasoxiddal telített zóna kialakulása a zománcban)	Borom és Pask	1966	26

Electron MicroProbe Analyser mikroszondával; BSE: Backscattered Scanning Electron Microscopy típusú visszaszórt elektronos pásztázó elektronmikroszkópiával; EDX: Energy Dispersive X-Ray Analysis, azaz energiadiszperziós röntgen-elemzéssel) igyekeztek feltérképezni a tűzzománcozott mintáik elemösszetételét és „nanostruktúráját” (11. ábra).

Yang és munkatársai [30] hasonló nagyműszeres vizsgálataik, továbbá részletes termodinamikai számítások alapján számos elemében igazolták a korábbi szerzők (2. táblázat) kötéselméleteiben foglaltak helytállóságát, és

az általuk nikkell-oxidos előkezelés után végzett tűzzománcozási kísérleteik eredményeiből az alábbi fontosabb megállapításokat tették a kiváló minőségű zománcbevonat szempontjából fontos kémiai reakciók és a kapcsolódó egyéb fizikai folyamatok jellegeről, nagyjából azok időbeli sorrendjében:

1. A még nedves alapzománc és fedőzománc szárítása közben összetett vasoxidos-hidroxidos határfelületi réteg keletkezik a felmelegedés 70–150 °C-os kezdeti tartományában. A bonyolultabb összetételű fénoxid-hidroxidok akkor alakulnak ki, amikor NiO-tartalmú és nedvesen felszórt előbevonattal dolgoznak.
2. Ezek a határfelületen keletkezett fénoxidok a további felmelegedés közben és a zománcégetés hőmérsékletén α -Fe₂O₃ és Fe₃O₄ kevert-kristályos fázissá alakulnak és közvetlen atomkötéses kapcsolatot létesítenek a fémes α -Fe szubsztráttal.
3. Eközben párhuzamosan:
 - a. végbemegy a NiO_{előbevonatban} + Fe_{acélban} = FeO + Ni reakció szerint keletkező reakciótermékek részleges diffúziója is a zománcrétegbe, továbbá
 - b. a már kialakult üveges olvadékfázis és a vele érintkező fémes alapfázis közötti elektrokémiai redox reakciók következtében kiépülő felületi „bemaródásos” gödrösödés is már megfigyelhető; a közben keletkezett
 - c. FeO pedig csökkenti a határfelülettel érintkező zománcolvadék



■ 10. ábra. Tűzzománc bevonat terülésének laboratóriumi vizsgálata 800 °C-on az idő függvényében. Felső sor: argon gázban; alsó sor: levegőn [27]

- viszkózitását is (melynek később lesz nagyobb jelentősége); és mindeközben
- d. az előbevonat és a felvitt zománcszap már vízgőzzé alakult nedvessége a vasat oxidálva H_2 -gázt is fejleszt, mely egyben a buborékképződés egyik fő kiváltó oka a zománcrétegben.
4. Az égetéshez szükséges magas hőmérsékleten ($> 900\text{ }^\circ\text{C}$) az ausztenites állapotú acélban a C-atomok is nagyobb sebességgel képesek diffundálni, ami elősegíti a határfelületi nikkel-oxid és vas-oxidok szén redukciós folyamatait, melynek során felszabaduló CO-gáz a hidrogénes buborékoknak is egyik komponense lesz.
5. A csökkenő széntartalmú határfelületi, dekarbonizálódó rétegnek ezáltal a hidrogénoldó képessége is kisebb lesz.
6. Lehűlés közben pedig a vas $\gamma \rightarrow \alpha$ fázisátalakulása következtében az acél hidrogénoldó képessége még tovább csökken, ami további buborékképződéshez vezethet.
7. A már kialakult buborékokban a CO és H_2 gázkeverék CO/ H_2 arányának a hidrogénfelvétel miatti csökkenése pedig hűlés közben akár szén (grafit kristálykák) kiválását is eredményezheti a $CO(g) + H_2(g) \rightarrow H_2O(g) + C_{\text{grafit}}$ reakció szerint. A vízgőz kondenzálódásával a buborék belső gáznyomása még tovább csökken, s így nem repedhet meg a buborékok körüli szilárd zománc sem.

4. Összefoglalás

Fémoxidos bevonatokat fémtárgyakon számos ipari alkalmazásban, és egyes művészeti ágakban is, már régóta használunk. Ugyanakkor e kétféle anyagtypus (kerámiák/üvegek és fémek/fémötvözetek) között kialakuló, illetve kialakítandó kapcsolat (kémiai és fizikai kötés) mibenlétéről még ma is csak hiányos ismereteink vannak. A jelen tanulmányban néhány gyakorlati példát és néhány friss tudományos elemző vizsgálat eredményeit bemutatva igyekeztünk rávilágítani e kétféle anyagtypus közötti erős kémiai kötés kialakulásának feltételeire és a kapcsolódási folyamat többlépéses mechanizmusára ötvöztelen szénacél tűzzománcozásának a példáján.

Irodalom

- [1] Alexander Fisher: The Art of Enamelling upon Metals: with a short appendix concerning miniature painting on enamel, London: Offices of "The Studio", 1906
- [2] Török Tamás – Barta Emil: Fém és szerves bevonattechnológiák. III. rész: Tűzzománcozás, 81–139. oldal, Miskolci Egyetem, 2012/2013 <http://metont.uni-miskolc.hu/wp-content/uploads/2014/03/12-F%C3%A9mes-%C3%A9s-szerves.pdf>
- [3] Albert Péter Pál: Tűzzománcozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976
- [4] Verő Balázs: A pikkelyesedésre nem hajlamos acéllemezek gyártástechnológiájának fémtani háttere, MTA doktori értekezés, Budapest, 1994
- [5] Fábrián Enikő Réka: Kis karbon-tartalmú, ötvöztelen, alumíniummal csillapított acélok szövetszerkezetének és deformációjának hatása az acél és hidrogén kölcsönhatására, PhD-értekezés, BME, Budapest, 2012
- [6] Kalmár Elemér: Acéllemezek hidrogénáteresztő képességi vizsgálata az acélminőség tükrében, BKL Kohászat, 124, 1992
- [7] Felülettechnikai Laboratórium, Miskolci Egyetem, http://metont.uni-miskolc.hu/?page_id=96
- [8] Gábor Lassú: GDOES analysis of enamel-steel interface, Surface Fest in Bordeaux, (konferencia kiadvány) 2018. június 13–14.
- [9] Gábor Lassú – Mária Svéda – Tamás Török: Eine Analyse von Schmelz-Stahl-Haftung und Übergangsschicht in der Funktion der Brenndauer, email – Mitteilungen, (megjelenés alatt)
- [10] Lassú Gábor – Török Tamás: Kísérleti lehetőségek egy újszerű-analitikai módszerrel a tűzzománc-acél mennyiségi mélységprofil-elemzésére, és az eljárás elvi alapjai, BKL Kohászat 148:(3) 29–33.
- [11] G. Lassú, M. Svéda, T. Török: An analysis of enamel-steel adherence and transient layer in the function of burning time, Smalto Porcellanato: Tecnologia and Mercati 2: (LVII) 57–66.
- [12] Lassú Gábor, Svéda Mária, Török Tamás: Az acél-tűzzománc kötés-erősség és az átmeneti réteg vizsgálata változó égetési idő függvényében, BKL Kohászat 147:(2) 4–47.
- [13] US 8,778,455, B2 szabadalom (Enamel and ground coat compositions)
- [14] Merrill L. Mingos; Handbook Committee, (1989) Electronic Materials Handbook: Packaging, CRC Press
- [15] Tomsia, A. P., Pask, J. A. in Joining of Ceramics, ed. M. G. Nicholas, Chapman and Hall, London (1990)
- [16] John Frederik Lancaster (1999): Metallurgy of Welding, Woodhead Publ.
- [17] Ötvös-Nagy Ferenc: Ötvösművészet – A kezdetektől napjainkig, Scolar Kiadó, 2011
- [18] Metallization, Chapter 5.5.2 in J.F. Lancaster: Metallurgy of Welding (1999)
- [19] Fernie, J. A., Sturgeon, A. J. (1992): Metals and Materials, 8, 212–217.
- [20] King, R. M., J. Am. Ceram. Soc. 16(5), May 1933 232–238; Spencer-Strong, G. H., Lord, J. O. and King, R. M., J. Am. Ceram. Soc., 15(9), Sept 1932 486–490.
- [21] H. Staley, J. Am. Ceram. Soc., 17(3) 1934 163–167.
- [22] A. Dietzel, K. Meures (translated by R. M. King), J. Am. Ceram. Soc., 18(2), Feb. 1935. 35–37.
- [23] K. Kautz, J. Am. Ceram. Soc., 19(4) Apr. 1936. 93–108.
- [24] J. H. Healy, A. I. Andrews, J. Am. Ceram. Soc., 34(7) July 1951 207–213.
- [25] A. G. Eubanks, D. G. Moore, J. Am. Ceram. Soc., 38(7) July 1955. 226–230.
- [26] M. P. Borom and J. A. Pask, J. Am. Ceram. Soc., 45(1) 1966. 1–6.
- [27] K. Sarrazy: Understanding of Porcelain Enamel Adherence on Steel. Improvement of Anameling Process Applying an Interfacial Layer, PhD Dissertation, University of Limoges, 2003
- [28] Barta Emil, Török Tamás, Lassú Gábor: Az acél és a tűzzománc bevonat közötti kötésről Anyagok Világa (Materials World) 10(3) (2012) 14–28.
- [29] K. Barcova, M. Bashlan, R. Zboril, J. Filip, J. Podjuklova, K. Hrabovska, P. Schaff: Phase composition of steel-enamel interfaces: Effects of chemical pretreatment, Surface & Coatings Technology 201 (2006) 1836–1844.
- [30] X. Yang, A. Jha, R. Brydson, R.C. Cochran: The effects of a nickel oxide precoat on the gas bubble structures and fish-scaling resistance in vitreous enamels, Materials Science and Engineering A366 (2004) 254–261.

Az alumínium keskenyszalag öntvehengerlés sebességének növelése

Egy meglévő gyártósorral szemben többlet kapacitásigény merült fel. A cikk tájékoztatást ad a sorbakapcsolt egységek vizsgálatáról, ami meghatározza az elérhető sebességnövekedését. A hengerrésben a kinematikai értelemben vett sebesség a dermedési folyamattal is összefüggésben van. A szalagminőség (szövetszerkezet, mechanikai és fizikai tulajdonságok) érdekében a hengerrés alakítási zónán nem szabad változtatni. A dermedési zónát kell az öntőcsőr-vastagsággal úgy kialakítani, hogy a növelt sebesség mellett is pontosan a korábbi helyzetű alakítási zóna kezdetére fejeződjön be a dermedés. A sebesség és az öntőcsőr-vastagság közötti összefüggést feltárva, egy számítási modell segítségével jelentős gyártási kísérletidő takarítható meg.

Bevezetés, a feladat megfogalmazása

Az INOTAL Zrt. várpalotai telephelyén az alumínium durvahuzal, húzott huzal, hidegfolytatási tárcsa termékek mellett évente 7 500 tonna keskenyszalagot gyártanak. Az alumínium keskenyszalag-termékek előgyártmányát egy öntvehengerlő gépsoron (1. ábra) állítják elő.

Ez a gyártási fázis a vállalat teljes szalaggyártási folyamatának szűk keresztmetszete. A sikeres piaci tevékenység eredményeként az öntvehengerlő gépsor gyártókapacitása teljes mértékben kitöltött. Többlet vevői igények kielégítésére a keskenyszalag-gyártás folyamatának más berendezései (hideghenger állványok, egyengető és hasító sorok, valamint hőkezelő kemencék) még képesek lennének, de a rendelkezésre álló öntvehengerelt alapanyag mennyisége ezt nem teszi lehetővé. Egy újabb, nagyobb kapacitású öntvehengerlő berendezés rendszerbe állítása természetesen oldaná a kapacitás-szűkösséget, de termelési- és költségkérő nélkül ezt csak másik helyszínen lehetne megvalósítani. Új öntőkemencék-re, öntőcsatorna-rendszer-re, gáztalanító berendezés-re is szükség lenne, de egy

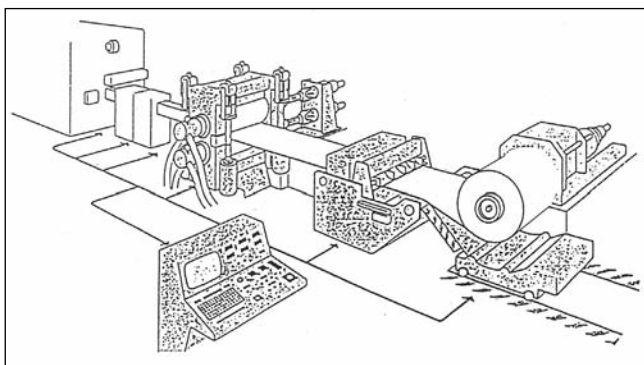
ilyen komplett gyártósor beruházási költségeinek megtérülése nem biztosított, ezért meg kell vizsgálni a meglévő berendezés gyártókapacitás-növelésének lehetőségét.

A kieső idők, karbantartási és más közidők csökkentése magától értetődő, természetes törekvés, sajnos itt számottevő tartalék nem mutatkozik, jelentősebb eredményt a szalag öntvehengerlés sebességének növelése hozhat. Fontos körülmény, hogy a berendezés leterheltsége miatt minimális idő áll rendelkezésre kísérletek céljára, ezért a sebességnövelő próbákat alapos előkészítésnek kell megelőznie. Egy sikertelen kísérlet négy óra kieső időt jelent, ami a havi termelés közel 1%-a.

A sebesség növelésének vizsgálatához tudni kell, hogy az öntvehengerlő gép telepítésére 2010-ben került sor. A beüzemelés során kidolgozták a

szalaggyártás folyamatának későbbi műveleteihez optimális minőséggel (méret, szövetszerkezet, mechanikai és fizikai tulajdonságok) illeszkedő öntvehengerelt szalag gyártási technológiáját, a technológiai paramétereit. Többévi sikeres működés után 2016-ban a gyártósor villamos vezérlését korszerűsítették. Az új vezérlés tervezése során a korábbi évek alatt bevált technológiai paramétereket vették figyelembe, azokra némi biztonsági tartalékot téve választották ki az eszközöket, szabályozási megoldásokat.

Mivel a szalag öntvehengerlés az öntőkemencétől a csévélig tartó megszakítatlan anyagáram, a gyártósor egymással sorbakapcsolt egységeinek sebessége összhangban kell legyen. Egy nagyobb szinkronsebesség eléréséhez meg kell vizsgálni ezen egységek sebességtartalékait.



■ 1. ábra. A szalag öntvehengerlő gépsor vázlata

Az öntvehengerlő gépsor működése

A folyékony fém alapanyagot a gyártás folyamatossága érdekében két buktatható, felváltva töltött és kiöntött hűtőtartó kemence szolgáltatja. A kemencéknek boltozatba épített villamos ellenállásfűtése van, befogadóképességük 10 tonna. Az öntőgéppel fűthető ön-

Németh Tamás 1986-ban diplomázott a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán, fémalakító szak, alakítástechnológia ágazaton. Pályája kezdetén alumínium kokilla- és nyomásos öntéssel foglalkozott, majd hosszabb ideig – az apci Salker Kft. vezetőjeként – az alumínium fémalakból való visszanyerésével. Jelenleg az Inotal Zrt. igazgatóságának tagja és a várpalotai gyár vezetője. Ez utóbbi minőségében – egyéb témák mellett – az alumínium félgyártmányok előállításának műszaki kérdései foglalkoztatják.

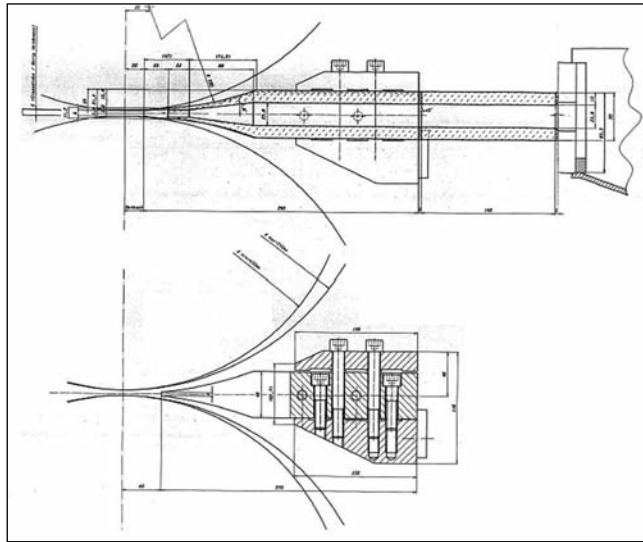
tőcsatorna köti őket össze, közben egy rotoros, argongázzal működő gáztalanító (fémtisztító) kamrával. Az öntőcsatorna végén a folyékony fém egy ejtőcsővön az öntőtálba jut, melynek fémszintjét a szabályozás úszóval figyeli, illetve az ejtőcső kúpos elzárójának nyitásával-zárásával korrigálja. Az öntőtál fenekéhez csatlakozik az öntőcsőr (2. ábra), ami egy széles lapos ékre emlékeztet, és tűzálló lapok helyszínen kiszabott elemeiből illesztik és ragasztják össze az öntést megelőzően.

Az öntőcsőr vezet be az egymással szembeforgó öntőhengerek közé, a hengerrésbe (3. ábra) a folyékony fém. Az öntőhengerek kérge alatt vízhűtés működik, a két henger falán alul és felül megkezdődik a folyékony fém megszilárdulása, majd ez a szilárd réteg egyre vastagabb lesz, aztán összeér. A hengerrés e pontig terjedő részét tekintjük dermedési zónának, innen a szélesség mentén a fém teljes keresztmetszetében megszilárdult. A szilárd szelvény a hengerrésben előre haladva vastagságcsökkenést szenved, ezt a részt alakítási zónának nevezzük.

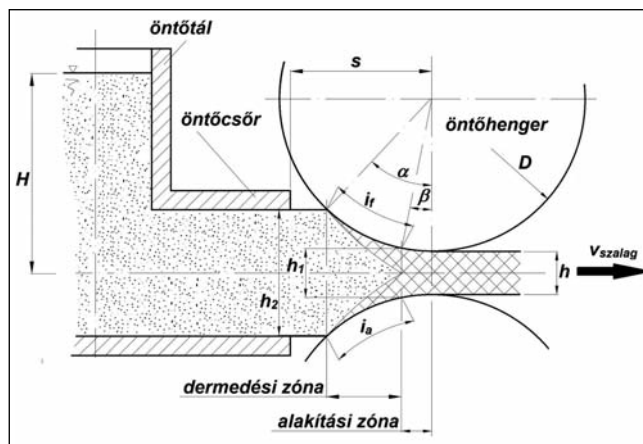
A hengerrésből kész vastagsággal kilépő szalag két széléről a repedezett sávokat szélmarók távolítják el. Az öntvehengerelt, szélezett szalagot egy csévéelő tekercsbe gyűjti. Amikor a csévéelő megtelt, az előtte elhelyezkedő olló a szalaggal szinkron mozgásban elvágja azt, és mindaddig sávokat vág, amíg a csévéelőről a tekercset leveszik.

Az öntési sebesség felső határának meghatározása

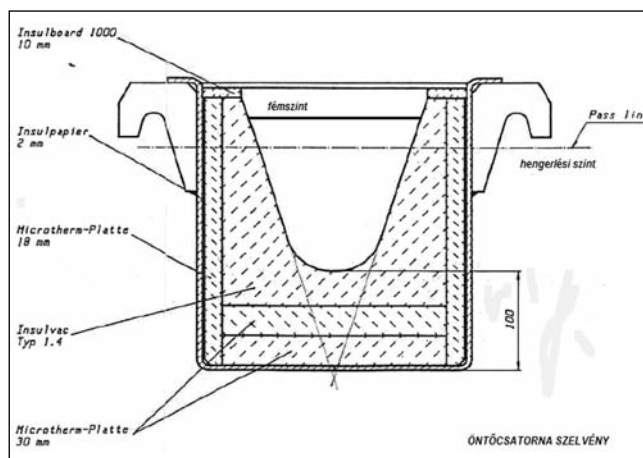
A jelenleginél nagyobb sebességnél is összhangban kell működni a gyártósor minden elemének, ezért meg kell vizsgálni a jelenlegi – jól bevált –



■ 2. ábra. Az öntőcsőr és az öntőhengerek



■ 3. ábra. A hengerrés, a dermedési és az alakítási zóna vázlata



■ 4. ábra. Az öntőcsatorna metszete

sebességhez mért tartalékokat az egyes elemeknél.

Öntökemencék

Az öntökemencék esetében a sebesség értelmezése a kiöntött fém tömeg-

árama. A kemencebuktatás sebességét a buktató hidraulika hengereibe jutó hidraulikafolyadék térfogatárama, végső soron a hidraulikus tápegység szállítóképessége határozza meg. Jelen kialakítás mellett a kemencék kb. 50%-kal nagyobb szalagsebességet tennének lehetővé.

Öntőcsatorna

Az öntőcsatornában a jelenlegi fémszint (4. ábra) melletti nyugodt fémáramlás sebessége akár többszörösre emelhető, egy 100%-kal nagyobb sebességérték biztos, hogy nem okozna problémát.

Gáztalanító

A rotoros gáztalanító azonos típus, mint ami a vállalat alumínium durvahuzal öntvehengerlő gépsoránál üzemel, feladatát kifogástalanul ellátva. Tekintve, hogy a szalag öntvehengerlés tömegárama harmada a durvahuzalénak, egy 300%-kal nagyobb sebesség mellett is elég hosszú lenne a fém tartózkodási ideje a készülékben a hidrogén- és zárványtartalom szükséges mértékű csökkentéséhez.

Öntőgép

A duó hengerállványra emlékeztető öntőgép (5. ábra) sebességének növelését két tényező befolyásolja.

Az egyik, hogy – minden más paraméter változatlanul hagyása mellett – nagyobb sebességnél a dermedési zóna növekszik az alakítási zóna rovására.

A 2. ábrát nézve könnyű belátni, hogy változatlan hűtési intenzitás mellett a dermedés ideje változatlan, ám a gyorsabban forgó henger ezalatt nagyobb ívet ír le. A rövidebb alakítási zóna kisebb mértékű alakítást, alakváltozást jelent, ami az öntvehengerelt

előtermék minőségében eltérést okoz. Ez egy fontos megálapítás, és a későbbiekben még szó lesz róla.

A másik szempont, hogy a minőség érdekében változatlanul hagyott alakítási zóna egy adott hengerlési erő és hengerlési nyomatókat jelent, amihez nagyobb sebességet (forgási vagy szögsebességet) párosítva nagyobb hajtási teljesítményigény lép fel. Mint az az ellenőrzésnél kiderült, a két henger egyedi hajtásláncában maguk a villanymotorok, mellettük pedig a bolygóhajtóműveknek is csekély teljesítménytartaléka van, mindössze 17%-kal nagyobb sebességet téve lehetővé.

Szélmaró

A szalagszél lemarását akár kétszeres vagy 100%-kal nagyobb szalagsebességnél is el lehet végezni.

Olló

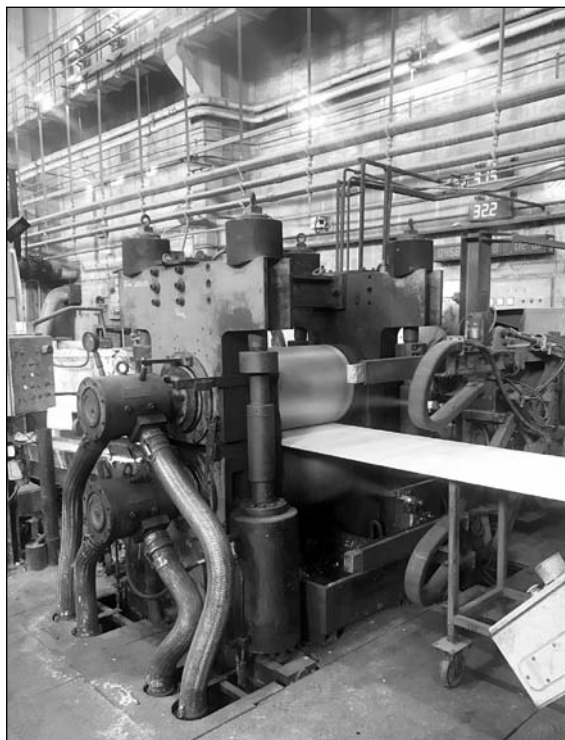
A mindenkor tekercsváltás előtt munkába fogott ollónak a szalaggal szinkronban való mozgása csak a jelenlegi sebességet 35%-kal meghaladó szalagsebességig biztosítható.

Csévélő

A szalag csévélése egy előírt feszítőerő fenntartása mellett történik, ami a tekercs rendezettségén kívül az alakítási zónában kialakuló alakítási ellenállás (hengerlési erő és nyomatók) szempontjából is fontos. Hasonlóan az öntőhengerek hajtásához, a nagyobb sebesség itt is nagyobb hajtási teljesítményigényt támaszt. A csévélő hajtásláncában levő tartalék 35%-kal nagyobb szalagsebességet tesz lehetővé.

Az öntési sebesség felső határa

A gépsor elemeinek fenti vizsgálata azt mutatta, hogy az öntőgéphajtás képességeiben rejlő tartalék határozza meg az elérhető legnagyobb sebességet, és így az a jelenlegi sebesség 117%-a. Mint az korábban szóba került, egy egyszerű gyorsítás szűkítene



■ 5. ábra. Az öntőgép

az alakítási zónát, ami a termékminőség szempontjából nem megengedhető. A kérdés tehát az, hogy milyen intézkedésekkel lehet a jelenlegi méretű alakítási zónát fenntartani a hengerlésben 17%-kal nagyobb sebességnél. A hengerek belső hűtésének intenzitása nem növelhető, ezért a dermedési zóna növelése, az öntőcsőr h_2 fémréteg vastagsága, az s öntőcsőr hátrahúzás jelenthet megoldást, de a számszerű válasz megfogalmazása a hengerrésben lejátszódó folyamatok részletes vizsgálatát igényli.

Alakítási zóna

A hengerrésben az alsó és a felső hengeren kialakuló, és a dermedés előrehaladásával egyre vastagodó megszilárdult kérgek végül összeérnek. Ettől a ponttól a megszilárdult szelvény az elforduló hengerek közötti szűkülő résben képlékeny alakváltozást szenved. Ez a pont tehát az alakítási zóna kezdete. Helyzetének számszerű meghatározásához az alakítás mértéke nyújt támpontot. Az *alakítás* szó használatakor a kézenfekvőnek látszó jelzős szerkezet, nevezetesen *melegalakítás* szándékosan nem hangzott el eddig, ugyanis a hengerelt szalag szövetszerkezetét vizsgálva némileg megnyúlt kristályok is látha-

tók. Ez arra utal, hogy a hengerek hűtésének hatására a hengerrésből kilépő szalag már nem eléggé meleg a teljes újrakristályosodáshoz. Összességében a szövetszerkezet és a szalag tulajdonságai arra utalnak, hogy az alakítási zónában a *félmeleg alakítás* során elszennvedett képlékeny alakváltozás mértéke 60%. Ennek ismeretében – a 3. ábra jelöléseit használva – a h_1 vastagság a zóna kezdetén az

$$\varepsilon = \frac{(h_1 - h)}{h_1}$$

ahol:

- ε az alakváltozás mértéke
 - h_1 szalagvastagság az alakítási zóna kezdetén
 - h a kilépő szalag vastagsága
- összefüggés felhasználásával számítható. Az alakítási zóna térbeli meghatározása és az ott

lejátszódó folyamatok szükséges mélységű tárgyalása ezzel megtörtént.

Dermedési zóna

A 2. ábrán látszik, hogy az öntőcsőr középvonalához képest az öntőtálban a folyékony fém felszíne H magasságban helyezkedik el. Ez a magasságkülönbség biztosítja azt a szükséges folyadéknyomást, ami egyrészt az öntőcsőron való áthaladás ellenállását hivatott legyőzni, másrészt képes a dermedési zónában a dendritképződés során megfelelő utántáplálást biztosítani a tömörség érdekében. A nyomás növelése egy ponton túl az öntőtál magassági mérete miatt sem célszerű, de ennél erősebb korlát, hogy túl magas fémszintnél az öntőcsőr és a henger illeszkedésénél folyékonyfém-szivárgás lépne fel. Létezik tehát egy optimális H öntőtál fémszint, ami mind az üzemeltetés, mind a szalag tömörsége tekintetében kielégítő eredményt ad.

Az öntőcsőr h_2 fémréteg vastagsága a jelenlegi sebességgel együtt az üzembe helyezés kísérletei során kialakított méret. Öntés indításhoz a gép kezelője szálkerámia lapokból sablonok segítségével kivágják, majd összeragasztják az öntőcsőr elemeit. Az e módon kialakított nyíláson kiá-

1.. táblázat. Az öntőcsőr-hátrahúzás (s) változtatásának hatása

i	s _i	m	B	h ₁	h _{2i}	V _i	A _i	t _{di}	t _{ai}	t _{di} = t _{ai}
jelenlegi	s	m	B	h ₁	h ₂	V	A	t	t	igen
1	s ₁	1,17 × m	B	h ₁	h ₂₁	V ₁	A ₁	t _{d1}	t _{a1}	nem
2	s ₂	1,17 × m	B	h ₁	h ₂₂	V ₂	A ₂	t _{d2}	t _{a2}	nem
3	s*	1,17 × m	B	h ₁	h ₂ *	V*	A*	t _{d3}	t _{a3}	igen
4	s ₄	1,17 × m	B	h ₁	h ₂₄	V ₄	A ₄	t _{d4}	t _{a4}	nem

ramló fém az öntés során eléri az öntőhengert, annak felületén megkezdődik a kristályosodás. Ez a pont a dermedési zóna kezdete, a vége pedig értelemszerűen az alakítási zóna kezdete. A dermedési zóna másik két határoló felülete a 2. ábra szerinti i_f és i_a ívek, pontosabban hengerpalást-felületek. Kiinduló, a gyakorlat által igazolt állítás, hogy a $h_2 - i_f - h_1 - i_a$ térrész a jelenlegi kialakításában, a jelenlegi hengerhűtéssel megfelelő dermedési körülményeket biztosít. Ha a hengerek gyorsítása az i_f és i_a ívek meghosszabbodásához vezetne, akkor e hosszabb ívek felmérése az alakítási zóna kezdő pontjától visszafelé meghatározná az új, megnövelt a dermedési zónát, azonban nem ismert az i_f és i_a ívek sebességfüggő meghosszabbodása.

Feltételezés, hogy – az öntőcsőr jelenlegi hátrahúzását növelve – létezik egy $h_2^* - i_f^* - h_1 - i_a^*$ térrész, amelyben a dermedés úgy megy végbe, hogy a két dermedési kéreg pontosan a h_1 határon ér össze. Feltételezés továbbá az is, hogy ha az új, növelt dermedési zónában a hűtött felületek és a hűlő térfogat viszonya hasonló a jelenlegi dermedési zónáéval, akkor a zóna végén az eredmény is hasonló lesz. A probléma hasonlít a formaöntvények dermedési ideje, térfogata és hűtött felülete közötti összefüggés vizsgálatához, amire létezik egy empirikusnak tűnő képlet, a Chvorinov-szabály [1].

$$t = B \left(\frac{V}{A} \right)^n$$

ahol:

B az anyagjellemzőktől (fajhő, olvadáshő, sűrűség stb.) és a hőmérsékletektől függő tényező
V az öntvény térfogata

A az öntvény hűtött felülete

n az öntvény anyagától függő állandó (1,5...2, alumíniumra 2)

Ha a kiinduló állításunk igaz, akkor

a megfelelő dermedési körülményekhez ismerjük a dermedési zóna V térfogatát, a hűtött A felületet és a t dermedési időt. A dermedés ideje feltételezés szerint a fém dermedési zónán való áthaladásának ideje

$$t = \frac{V\rho}{m}$$

ahol:

t a dermedési (áthaladási) idő

V a dermedési zóna térfogata

ρ a fém sűrűsége

m a fém tömegárama

A fentiek segítségével a jelenlegi viszonyok között érvényes B tényező számítható. Ha a hőmérsékletek nem változnak számottevően, és az anyagjellemzők is állandók, akkor ez a tényező használható nagyobb sebességnél is. Az öntőcsőr jelenlegi s hátrahúzását egy táblázatos modellben (1. táblázat) lépésenként növelve minden lépéshez számíthatók a V_i , A_i és t_{di} értékek.

Feltételezve a lehető legnagyobb sebességnövelést, a 17%-kal nagyobb folyékony fém tömegárammal minden lépéshez számítható egy t_{ai} áthaladási idő is. Annál a lépésnél, ahol a számított dermedési idő és a számított áthaladási idő egyezik, a dermedés a jelenlegihez hasonló módon, a jelenlegi alakítási zóna kezdőpontján fog befejeződni.

A szükséges intézkedések

A vezérlés kezelőfelületein a névleges sorsebesség legnagyobb értékét a jelenleginél 17%-kal magasabbra kell állítani, és a módosítást a vezérlésben a sor minden elemére vonatkozóan át kell vezetni. Az 1. táblázat $t_{di} = t_{ai}$ egyezést mutató sora szerinti h_2^* méretre kell készíteni a kísérleti öntőcsőrsablont, és a ragasztás, összeállítás után s^* öntőcsőr-hátrahúzást kell állítani.

Egyéb megfontolások

Célszerű a korábbi, bevált hőmérséklet alkalmazása a kísérleti öntés indításánál, de fel kell készülni, hogy az öntőcsatornán gyorsabban áthaladó fém kevésbé hűl, mint a jelenlegi mérték, és az átmelegedett rendszerben már túl magas lesz az öntőtál-hőmérséklet. A kísérlet többlet hozadéka lehet egy alacsonyabb öntökemence-hőmérséklet és energiafelhasználás.

A korábbi, bevált öntőtál fémszint korrekciót igényelhet, mert a vastagabb öntőcsőr valamivel kisebb áramlási ellenállásának és az intenzívebb fémátfolyásnak a viszonya nem ismert. Ellenőrizni kell a szalag tömörségét.

Az öntőcsőrből a hengerrésbe belépő fémsugár széle gyorsabban dermed, ebben a szelvényben rövidebb a dermedési és hosszabb az alakítási zóna, nagyobb vastagsággal kezdődik az alakítás. Jelenleg is számottevő az öntőcsőr és a szalag szélességének különbsége, ezért fel kell készülni, hogy a vastagabb öntőcsőr a szélmarók értelmezési tartományánál szélesebb szalagot eredményez.

Összefoglalás

A formaöntészet tárgyköréből vett analógia segítségével sikerült az alumínium keskenyszalag öntvehengerlésben egy, a gyakorlatban csak sok óvatos lépéssel, az öntőcsőr vastagságának kísérletről-kísérletre történő fokozatos növelésével (és közben a megfelelő sebesség próbálgatásával) megvalósítható, időigényes technológiamódosítást megvalósítani.

Irodalom

[1] Chvorinov, N.: Theorie der Erstarrung von Gussstücken, Gießerei 27(1940)10

Beszámoló a XIX. Fémkohász Szakmai Napról

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Fémkohászati Szakosztálya és Egyetemi Osztálya 2018-ban Székesfehérváron rendezte meg a XIX. Fémkohász Szakmai Napot.

A rendezvényt a mai magyar alumíniumipar központját és a szekunder alapanyagból történő legnagyobb értékű hazai fémelőállítást képviselő Arconic-Köfém Kft. támogatta.

A két évvel ezelőtti rendezvényhez hasonlóan a Miskolci Egyetemről már a délelőtti órákban érkeztek diákok és oktatóik, hogy a vállalat által felajánlott üzemlátogatáson részt vegyenek. A fogadó cég nem titkolt célja volt, hogy az üzemlátogatás maradó emlékeket hagyjon bennük és néhányukat munkatársukként láthassák viszont. A gyárlátogatás során az Arconic-Köfém Kft. Keréktárcsa és Hengermű üzemét járták be az egyetemi vendégek.

A rendezvény színvonalát mutatta, hogy ezzel egyidőben az MTA Metallurgiai Bizottsága is Székesfehérváron tartotta soros ülését, és így lehetőségük volt a délutáni szakmai napon kutatási témájú előadással, valamint a szakmai vitában véleménynyilvánítással résztvenni.

A szakmai nap előadásain több mint 80-an vettek részt, a kb. 40 egyetemi vendég mellett az OMBKE egyes vezetői, aktív és már nyugdíjas tagjai és szakmai érdeklődők, Székesfehérvárról és a környező üzemekből.

A szakmai nap mottója: Székesfe-

hérvár, a fehér arany fővárosa, találó összefoglaló a négy órában elhangzó előadásokra, amelyben bemutatkozott az Arconic-Köfém Keréktárcsa gyára és Hengerműve is. A meghívást elfogadva nívós előadással jelentkezett a Hydro Extrusion Hungary Kft. is, teljessé téve a telephelyen történő alumínium-termékgyártás palettáját.

A szakmai napot *Horváth Tamás*, az Arconic-Köfém Kft. vezérigazgató-helyettese és *dr. Hatala Pál*, az OMBKE elnöke nyitotta meg.

A megnyitó után *Tóth Csaba*, a Keréktárcsa Üzem vezetője mutatta be a Köfém Kft. egyik sikergyárát. Ezt követően *Kovács Zsolt*, a Hydro Kft. mérnöke tartott előadást a korábban SAPA néven ismert piacvezető présmű működéséről és a profilgyártás titkairól „Alumínium profilsajtolás gyártástechnológiája az autóiipari elvárásoknak megfelelő anyagvizsgálati módszerekkel” címmel.

A szünet előtti szekciót *Kékesi Tamás* „Salakkezelés fejlesztése a teljes hasznosítás érdekében” című előadása zárta.

Szünet után *Szépvolgyi János* (Arconic-Köfém) ismertette a GINOP fejlesztési programot. Az ALUFORM – GINOP-2.2.1-15-2016-00018 számú projekt címe: Új, piacképes hengerelt alumíniumtermékek technológiájának fejlesztése a műszaki anyagtudomány legújabb eredményei alapján, a piacvezető hazai iparvállalat, az ALCOA (Arconic)-Köfém Kft. GRP-BCI üzlet-

ága és kiemelkedő hazai felsőoktatási K+F intézmények együttműködésében. Az együttműködő szervezetek: Arconic, Miskolci Egyetem, Széchenyi István Egyetem, Dunaújvárosi Egyetem.

Ezt követően három előadás hangzott el a GINOP program keretében végzett kutatásokról:

- *Barkóczy Péter*: Alumíniumtuskók mikroszerkezetének megváltozása az előmelegítés során;
- *Jurecska Tamás*: Optikai, infravörös és konfokális LED-mikroszkópia alkalmazása alumíniumtermékek felületi vizsgálatára;
- *Bereczki Péter*: Szimulációval támogatott folyamat- és termékfejlesztés az Arconic-Köfém Kft. hengerművében.

Az Aluform – GINOP programot és az előadásokból készült cikkeket következő számainkban tervezzük bemutatni.

A színvonalas, nívós előadások és hasznos, aktív szakmai eszmecserék után *Csurgó Lajos*, az OMBKE Fémkohászati Szakosztály elnöke mondott pohárköszöntőt, majd egy jó hangulatú szakestély következett, amelyet a magyar alumíniumiparnak ajánlottak.

A „kihelyezett” szakmai nap célját elérte, az alumíniumipari szakmai élet és az oktatás résztvevőinek igazi találkozási fórumot biztosított, lehetőséget nyújtva a hallgatóknak, hogy közelebbről találkozzanak a gyakorlattal.

Kóródi István



■ A szakmai nap hallgatósága



■ Horváth Tamás vezérigazgató-helyettes tájékoztatója

CSEH DÁVID – MERTINGER VALÉRIA – LUKÁCS JÁNOS

Maradó nyomó feszültség üzem közbeni stabilitása

Cikkünkben bemutatjuk egyes anyagminőségek azonos szemcseszórásra adott válaszainak különbségeit. Bemutatunk egy kísérletsorozatot, melyben különböző méretű sörétszórt fázasztópróbatetek maradó-feszültség-állapotát monitoroztuk fázasztó igénybevétel közben. Kapcsolatot találtunk a változó fázasztófeszültség-szint és a relaxáció több jellemzője között. Bemetszett próbatetek bemetszéseinek környezetében nagy területi felbontással vizsgáltuk a maradó feszültségek fáradásos tönkremenetel előtti és törés utáni állapotát. Összefüggést találtunk a feszültségleépülés mértéke és a törési mechanizmus között.

Bevezetés

Ha egy szilárd testre semmilyen belső feszültséget eredményező külső tényező pl.: mechanikai erő vagy a testen belüli hőmérséklet-különbség nem gyakorol hatást és a testben mégis van mechanikai feszültség, akkor ezt a feszültséget maradó feszültségnek nevezzük [1] [2]. Minden szilárd test szükségszerűen tartalmaz valamilyen mértékű maradó feszültséget. Bármely nagy hőmérsékletű és mechanikai technológia okozhatja ezt az állapotot. A szilárd testen belül ható maradó feszültségeket a testen belül összegezve az eredő tenzor értéke szükségszerűen nulla, tehát a test különböző pontjaiban és irányában fellépő feszültségek egyensúlyban vannak. Az egyensúlyi állapotba történő bármilyen beavatkozás a feszültségek ismételt egyensúlyba rendeződését vonja maga után. Ennek során a feszültség értéke lokálisan meghaladhatja a szilárd test alapanyagának azt a kritikus értékét, ami képlekeny alakváltozást, esetleg törést idéz elő. A

maradó vagy belső feszültségek, a vektorok szuperpozíciójának elve szerint összeadódnak a külső terheléssel. Ha előjelük megegyezik a külső terheléssel, akkor meghiúsodást okozhatnak. Ha a belső feszültség előjele ellentétes a külső feszültségével, akkor az a testre gyakorolt mechanikai hatást mérsékli. A maradó feszültségek testen belüli eloszlásának alkalmas befolyásolásával, annak jelenlétét hasznukra fordíthatjuk. Egy alkatrész fázasztó igénybevételnek kitett pontjaiban, a felületi rétegben ébresztett maradó nyomófeszültség figyelemre méltóan javítja a fáradással szembeni ellenállást [3] [4]. A jelenség a Wöhler-görbére úgy hat, hogy az élettartamot a nagyobb ciklusok, a kifáradási határt a nagyobb feszültségek irányába mozdítja el [5] [6].

A felületi nyomó feszültség implementálására alkalmas technológiák listája igen változatos eljárásokat tartalmaz (pl.: szórás a legkülönbözőbb részecskékkel, görgőzés, lézeres és ultrahangos sokkolás stb.) [7] [8] [9] [10] [11] [12]. A kialakuló maradófe-

szültség-állapotra (azaz a maradó feszültség mélységi eloszlására, azon belül a maximális nyomófeszültség értékére, annak a felülettől számított mélységére és lefutására) hatást gyakorol a kezelt alapanyag minősége és mikroszerkezeti állapota, a kezelés típusa, azon belül pedig annak további paraméterei. A szemcseszórás a legelterjedtebb maradó-feszültség-építő eljárás. A maradó feszültség számos fizikai tulajdonságra gyakorol hatást, ezért annak mérésére is változatos roncsolásos és roncsolásmentes mérési lehetőségeket is találunk (röntgen-, elektron- és neutrondiffrakció, ultrahang terjedési sebességének mérésén alapuló eljárás, optikai kettős rétegek reflexiós tulajdonságainak változása, mágneses domén szerkezet vizsgálata, furat deformáció stb.) [13] [14]. Az egyik legelterjedtebb módszer a röntgendiffrakciós maradó feszültség meghatározás, mely roncsolásmentes és nagy pontosságú kvantitatív információval szolgál a vizsgált térfogatrészben, a vizsgált irányban ható átlagos feszültségről.

A kialakult maradó-feszültség-állapot érzékenyen reagál a környezeti tényezők változására. A maradó-feszültség-állapot megváltozását, leépülését okozhatja mechanikai igénybevétel, emelt hőmérséklet, elektromágneses térerősség-változás, a test kontinuitásának megszakítása, vagy akár a rezonancia is [15] [16] [17] [18] [19] [20] [21] [22] [23] [24] [25] [26] [27] [28].

Vizsgálataink során a leggyakrabban alkalmazott maradó feszültség létrehozó technológiával, a sörétszórással kezelt, különböző minőségű (nemesített, nagy szilárdságú és korrózióálló) lemez próbatetek maradó feszültség felvevőképességét hasonló-

Cseh Dávid okl. anyagmérnök, a Miskolci Egyetem Anyagmérnöki Karának PhD-hallgatója. A Hauni Hungária Gépgyártó Kft.-ben támogatómérnöként anyagvizsgálati témákat gondoz. Kutatási területe: maradó feszültségek.

Dr. Mertinger Valéria szakmai életrajzát 2017/2. számunkban közzeltük.

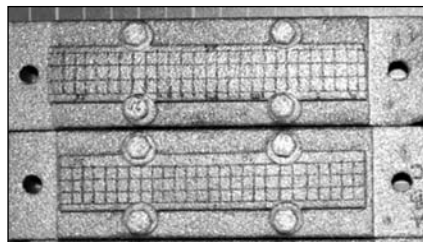
Dr. Lukács János szakmai életrajzát 2012/3. számunkban közzeltük.

tottuk össze. A lemez próbatesteket négy csavarral egy tartóra szorítva és ilyen állapotban, az eltérő anyagminőségeket együtt, azonos körülmények között szemcseszórással kezelték. A próbatestek megnövelt méretétől eltekintve a módszer azonos volt az Almen-próbánál alkalmazottal. A próbatesteket leszorított állapotban, aszimmetrikusan szemcseszórták. A felületben mérhető feszültségeloszlást vizsgáltuk a próbatestek leszorított, majd felszabadított és közben feszültség eloszlásában spontán megváltozott állapotában. A feszültségeloszlások evolúcióját összevetettük a próbatestek deformációjával, melyet 3D letapogatással minősítettünk. A nemesített alapanyag maradófeszültség-megtartó viselkedésének jobb megismerése érdekében nemesített alapanyagú, sörétezett fásasztópróbatesteket készítettünk, melyeket fásasztó igénybevételnek tettünk ki. Több próbatestméretet és bemetszett próbatesteket is használtunk. A próbatesteket minden ciklusban mindig azonosan terhelve, de a különböző próbatestek esetében több terhelési feszültség-szintet is használva, törésig fásasztottuk. Az igénybevétel közben figyelemmel kísértük a próbatestek felületén mérhető maradófeszültség-állapot változásait.

Vizsgált anyagok

Összehasonlító vizsgálatainkhoz három különböző anyagminőségű próbatestet használtunk. A vizsgált anyagminőségek szabványos összetételét az 1. táblázat tartalmazza. Ciklikus igénybevétel közbeni maradó feszültség monitorozást csak a nemesíthető 42CrMo4 minőségű alapanyagon végeztünk. Az összehasonlító vizsgálatainkhoz 20 x 3 mm keresztmetszetű 100 mm hosszú lemez próbatesteket használtunk.

A 42CrMo4 minőség kiinduló állapota hengerelt köracél, melyet forgácsolás után nemesítettünk. Az ausztenitesítő izzítás során gondot fordítottunk arra, hogy a felületi karbon kiégésének lehetőségét minimalizáljuk. A próbatesteket öntöttvasforgácsba ágyazva, 950 °C-os ke-



■ 1. ábra. Szemcseszórt lemez próbatestek, a későbbi feszültségeloszlás méréséhez használt raszterrel

mence-hőmérséklet mellett húsz perces hűntartással ausztenitesítettük. Az edzéshez olajat használtunk, a megeresztést 600 °C-os kemence-hőmérséklet mellett, félórás hűntartással végeztük, a darabokat a kemencéből való kivétel után nyugvó levegőn hagytuk kihűlni.

Az X6CrNiMoTi17-12-2 acél melegen hengerelt formában, a kívánt keresztmetszetben, a kereskedelmi forgalomban rendelkezésre állt, így azt csak méretre vágtuk.

A MIL-A 46100 acél a kívánnál nagyobb vastagságú táblában állt rendelkezésre, ebből szintén forgácsolással, ill. köszörüléssel kellett a próbatestet előállítanunk.

Vizsgált minőségeinként két párhuzamos próbatestet használtunk. A vizsgált ötvözetek szilárdsági tulajdonságait a 2. táblázat tartalmazza. A vizsgált ötvözetek mikroszerkezetét pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatnak vetettük alá, ami megmutatta, hogy a 42CrMo4 és a MIL-A 46100 próbatestek szövetszerkezete megeresztett martenzit, az X6CrNiMoTi17-12-2 acél pedig melegen alakított, újrakristályosodott szerkezet, melyben sorosan rendeződött második fázis található.

A felületen a szemcseszórás előtt mérhető feszültségértékek minden esetben ± 100 MPa intervallumba estek. A szemcseszórást a Rába Jármű-

ipari Holding Nyrt.-ben hajtották végre. A próbatesteket, négy csavarral leszorítva, egy az Almen-próbához hasonló, de annál hosszabb befogóba helyeztük (1. ábra). A befogókat egy, az üzemben gyártott tehergépjármű tengelytestére hegesztve helyezték a szemcseszóró kamrába. A szórási paraméterek megegyeztek a tengelytest szórására optimalizált adatokkal.

A 42CrMo4 minőségű acélból készített forgásszimmetrikus fásasztópróbatestek alapanyaga az összehasonlító vizsgálatok nemesített próbatesteinek anyagául is szolgáló hengerelt kör keresztmetszetű rúd volt. A forgácsolt próbatesteket indukciós hevítő berendezéssel ausztenitesítettük, 1000 °C-on 2 perces hűntartás után 850 °C-ig hűtöttük (a próbatestekhez hegesztett termoelemre az induktor szabályozásához egyébként is szükség volt). Amikor a darab az induktorból való kivétel után elérte a 850 °C-ot, a termoelemet levágva, a próbadarabot függőlegesen tartva, olajba merítve edzettünk.

Az edzés után a próbatesteket egy samottlapon máglyába rakva, 600 °C-on félóráig hűn tartva megeresztettük, majd a kemencéből a kerámia-lappal együtt kivéve, nyugvó levegőn hagytuk kihűlni.

A forgásszimmetrikus próbatestek középső, karcsúsított részét négyszögletes (síklapokkal határolt) kialakításúra választottuk, a maradófeszültség-mérések jobb megismételhetősége érdekében. A négyszögletes rész minden próbatest esetén 7 x 7 mm volt. 15 db ilyen geometriájú próbatest eredményeit mutatjuk be. További hat próbatest karcsúsított részét 5 x 5 mm-es szelvényméretre csökkentettük. A hat darab kisméretű próbatestből kettőn, a hasáb alakú rész közepén, két, egymással szemközti oldalan, 90°-os nyílásszögű, R = 0,1 mm

1. táblázat. Vizsgált ötvözetek szabványos összetételei, m/m%

Ötvözet	C	P	S	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti
EN 42CrMo4	0,38–0,45	≤ 0,025	≤ 0,035	≤ 0,4	0,6–0,9	0,9–1,2	-	0,15–0,3	-
MIL-A 46100	≤ 0,5	≤ 0,04	≤ 0,05	≤ 0,9	≤ 1,5	-	-	-	-
X6CrNiMoTi17-12-2	≤ 0,06	≤ 0,04	≤ 0,15	≤ 0,75	≤ 2	16,5–18	11,0–2,5	2,0–2,5	≥ 5 (C+N)

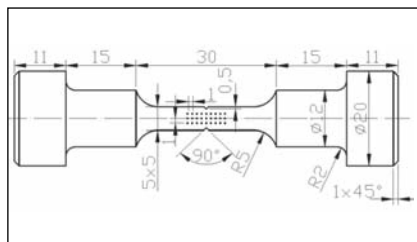
rádiuszú, 0,5 mm mélységű bemetszést alakítottunk ki. A fásztás során így lokalizáltuk a károsodás helyét, hogy annak környezetében nagyobb felbontással tudtuk vizsgálni a maradó feszültség alakulását. A 2. ábra mutatja a bemetszett fásztópróbatestek méreteit és a mérések helyét.

A próbatestek végeit befogókkal óvtuk a szemcseszórás felületi érdesség növelő hatásától (3. ábra). A ciklikus igénybevételnek kitett próbatestek szemcseszórása az előzőekhez hasonló, a merev tengelytest számára beállított szórási paraméterek mellett történt.

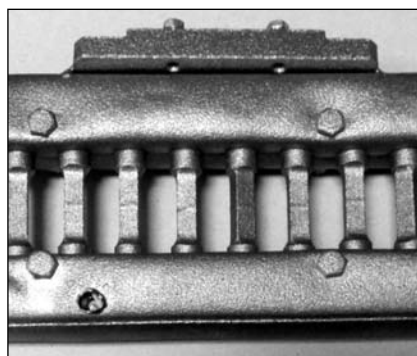
Vizsgálatok

Röntgendiffrakciós maradófeszültség-méréseinket a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar, Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetének finomszerkezetvizsgáló laboratóriumában végeztük, egy Stresstech XStress G3R típusú röntgendiffraktométer segítségével. Minden esetben módosított $\sin^2\psi$ módszerrel, többségében 3 mm foltátmérőjű kollimátorral (a bemetszett ciklikus próbatestek esetében 1 mm-es kollimátorral) végeztük méréseinket, $\pm 45^\circ$ maximális döntési tartományban. A maradó feszültség értékét jellemzően hosszanti (a külső terheléssel megegyező) irányban mértük. A lemez próbatestek hátoldalának közepén, keresztirány mentén öt ponton mértünk egy keresztirányú maradófeszültség-traverzet is, melyet a vonatkozó diagram tengelyén jelölünk. Ettől eltekintve, jelen kéziratban, a maradófeszültség-értékeket mindig hosszanti irányban vizsgáljuk. Ahol a feszültség irányát nem jelöljük, ott a mért feszültség a próbatest hossz tengelyével és a monitorozás során ráadott külső terheléssel (ahol volt) párhuzamos.

A 42CrMo4 és a MIL-A 46100 ötvözetekből készült próbatestek esetében Cr antikatódos röntgencsővet használ-



■ 2. ábra. A bemetszett fásztópróbatest geometriája



■ 3. ábra. Befogott próbatestek szemcseszórás után

tunk. A króm karakterisztikus $K\alpha$, $\lambda = 229$ pm hullámhosszú röntgensugárzás alkalmazásával, a ferrit {211} Miller-indexű síksorozatának $2\theta = 156,4^\circ$ -nál jelentkező diffrakciós csúcsának eltolódásából számoltuk a maradó feszültséget. A kalkulációhoz $\nu = 0,3$ Poisson-tényezőt és $E = 211000$ MPa Young-modulust használtunk. Az X6CrNiMoTi17-12-2 acél méréséhez Mn antikatódos röntgencsővet használtunk, melynek karakterisztikus $K\alpha$ röntgensugárzásának hullámhossza $\lambda = 210$ pm. Az ausztenit {311} Miller-indexű síksorozatának $2\theta = 152,3^\circ$ -nál jelentkező diffrakciós csúcsának eltolódásából számoltuk a maradó feszültséget. A kalkulációhoz a $\nu = 0,28$ Poisson-tényezőt és $E = 196000$ MPa Young-modulust használtunk. A lemez próbatestek szemcseszórt felületeinek felszíni feszültség eloszlásának mérésekor 3-3, $\psi = 0^\circ; \pm 30^\circ; \pm 45^\circ$ döntési pozíciókat használtuk. A lemez próbatestek hátoldalán végzett

mérések során 5-5, $\psi = 0^\circ; \pm 20,7^\circ; \pm 30^\circ; \pm 37,8^\circ; \pm 45^\circ$ döntési pozíciókat használtuk. A Cr-csővel végzett mérések során az alkalmazott gerjesztő feszültség 28 kV volt, 8 mA átfolyó áramerősség mellett. A Mn-cső esetén csak kisebb intenzitás ajánlott, mivel ennek az anyagnak kisebb a hővezető képessége, így ez könnyebben túlhevül. A Mn-cső gerjesztő feszültsége 28 kV és az átfolyó áramerősség 6,6 mA volt. A gyújtási időt minden esetben úgy határoztuk meg, hogy a kapott válaszjel intenzitása meghaladja a 70-es beütésszámot. A ciklikusan terhelt próbatestek mérése során $\psi = 0^\circ; \pm 20,7^\circ; \pm 30^\circ; \pm 37,8^\circ; \pm 45^\circ$ döntési pozíciókban 5 s gyújtási idővel regisztráltuk a mérési adatokat.

A próbatestek fásztása a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Karának Anyagszerkezet-tani és Anyagtechnológiai Intézetének Komplex mechanikai anyagvizsgáló laboratóriumában található, MTS gyártmányú, elektrohidraulikus anyagvizsgáló rendszerén történt. Az alkalmazott fásztó igénybevétel minden esetben egytengelyű, holtjáték nélküli, $R_\sigma = -1$ terhelés aszimmetria tényezőjű, húzó-nyomó igénybevétel volt.

Az eltört bemetszett fásztópróbatestek töretfelületének vizsgálatához a Műszaki Anyagtudományi Kar Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetének Zeiss EVO MA 10-es típusú pásztázó elektronmikroszkópját használtuk.

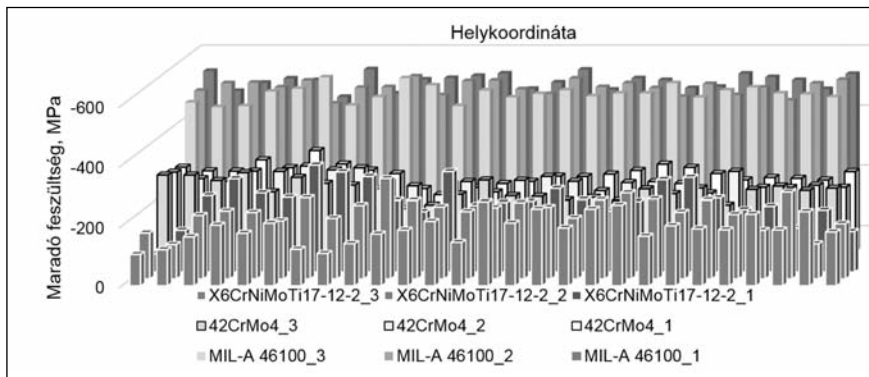
Eredmények

A próbatestek hosszanti tengelye mentén, egy 12×200 mm-es sávban, a röntgensugárral a 4 mm-es négyzetes területek (6. ábra) közepére célozva jutunk a 4. ábrán és az 5. ábrán bemutatott diagramhoz. Ez a két ábra a különböző anyagminőségű, a sörétezés után a befogóban hagyott és a befogóból fölszabadított állapotú, $20 \times 3 \times 100$ mm-es 1-1 próbatesten mért maradófeszültség-eloszlást mutatja. Az ábrán az egy anyagminőséghez tartozó 3×25 maradófeszültség-értékeket 3-3 adatsorral tüntettük fel. A párhuzamos minták teljesen azonosan viselkedtek, ezért anyagminőségként csak egyet mutatunk be.

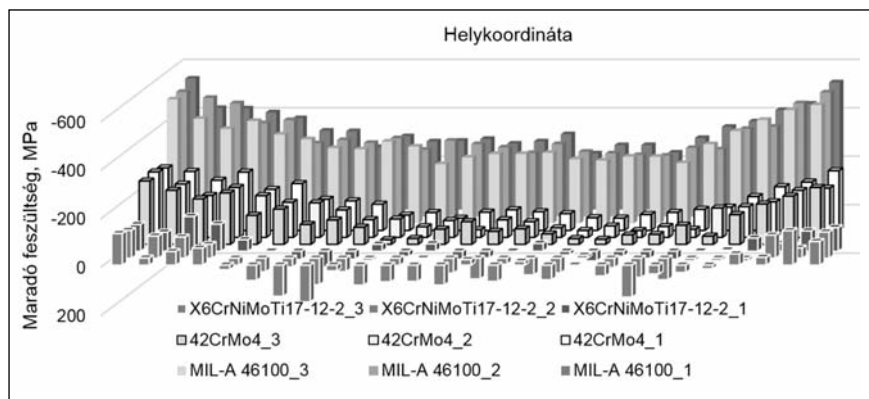
A 3. táblázat bemutatja a különböző anyagminőségű próbatestek hátol-

2. táblázat. Vizsgált ötvözetek szilárdsági adatai

Jellemző	$R_{p0,2}$, MPa	Szórás, \pm MPa	R_m , MPa	Szórás, \pm MPa
Ötvözet				
42CrMo4	1206	16	1248	13
MIL-A 46100	1013	88	2029	76
X6CrNiMoTi17-12-2	240		600	



■ 4. ábra. Egyszerre sörétezett, különböző minőségű lemez próbatestek felszíni maradó feszültség eloszlása a befogóban



■ 5. ábra. Egyszerre sörétezett, különböző minőségű lemez próbatestek felszíni maradó feszültség eloszlása a befogóból való felszabadítás után

3. táblázat. A különböző minőségű lemez próbatestek hátoldalának hossz- és keresztirányokban, több ponton mért maradó feszültség-értékeinek átlagai

Mért adat	Átlagos feszültség iránya és vonala, MPa		
	HI fesz, H traverz	HI fesz, K traverz	KI fesz, K traverz
Próbatest			
42CrMo4	-308	-314	-547
MIL-A 46100	-445	-485	-782
X6CrNiMoTi17-12-2	-432	-467	-823

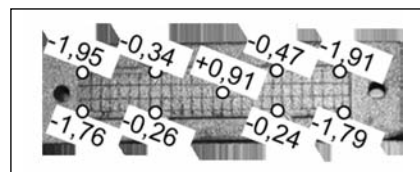
dalán, a hosszanti irányban (HI) ható feszültségek középső hosszanti traverze mentén mért átlagos és középső kereszt traverze mentén mért átlagos értékeit. A táblázat utolsó oszlopában a középső kereszt traverz mentén, keresztirányban (KI) ható maradó feszültségek átlagai találhatók.

A próbatestek deformációjának minősítésére 3D letapogatást használtunk, mely során eredményként a próbadarabok elméletileg sík felületéhez képesti eltérés adatokat kaptunk, a próbatest kilenc nevezetes pontjában (6. ábra).

Látható az alapanyagokban az azonos szórás eljárás hatására felépülő feszültségek különbsége, ami a folyáshatárral korrelál. A 3. és 4. táblázat eredményeit összevetve látható,

hogy a befogóból történő felszabadítás okozta spontán feszültségátrendeződés és a közben lezajló alakváltozás mértéke arányos. Az átrendeződés jellege azonos, ám mértéke anyagminőségként eltérő.

A ciklikus igénybevételnek kitett próbatestek (42CrMo4 acélminőség) négy oldalának három-három 3 mm feltátmérőjű területén mértük a maradó feszültség-értékeket szemcseszórás utáni, vagyis kiinduló állapotban és minden fárasztási lépés után. Az utolsó lépésben a törött próbatestek maradó feszültség-állapotát is vizsgáltuk. Minden esetben, ugyanazokban a pontokban (területeken) a jellemző fárasztó igénybevétel, azaz a darab hossz tengelyének irányában mértük a felszíni maradó feszültség-értékét.



■ 6. ábra. A 3D letapogatás helye és eredménye, a 4. és 5. ábrán használt koordináta ráccsal ellátott felületen szemléltetve

Ilyen módon 12 maradó feszültség-értéket mértünk, minden próbatesten a fárasztó igénybevétel előtt és a fárasztás közben. A fárasztási feszültség-szintek meghatározásához az ötvözetek 2. táblázat által bemutatott szilárd-sági adatai szolgáltak kiindulópontként.

A maradó feszültség viselkedésének fárasztás közbeni megfigyeléséhez először próbafárasztásokat végeztünk, azaz az első hat próbatestet törésig fárasztottuk 510, 450, és 400 MPa feszültség szinteken. A legnagyobb fárasztási feszültség szint sem érte el az alapanyag folyáshatárának felét. Ezeknek a vizsgálatoknak az eredményeiből becsültük a várható élettartamot (törésig elviselt ciklusszám) az egyes feszültség szinteken, majd megállapítottuk milyen ciklusszámnál fogjuk a fárasztó igénybevételt megállítani és a próbatesteken mérést végrehajtani. Az így felállított kísérleti programot az 5. táblázat mutatja be. Az alkalmazott fárasztó feszültség szinteket ' σ_1 '-val jelöljük. N1 az első terhelési egység ciklusszáma, Nn a további terhelési egységek ciklusszám növekménye, azaz egy terhelési egység során ennyi ciklust „táplálunk” a próbatestbe. 'H' jelöléssel szerepel a kísérletsorozatban egy nemesített, de szemcseszórással nem kezelt, csak nemesített próbatest is.

A maradó feszültség-monitorozás eredményeit oly módon mutatjuk be, hogy az egyes próbatestek egyes állapotaiban vizsgált 12 mérési pontot átlagoltuk. Ezen átlagokat a továbbiakban pedig a kiinduló érték százalékában kifejezve, a ciklusszám függvényében ábrázoltuk.

A 42CrMo4 minőségű próbatesteken végzett méréseink eredményeit a 7. ábra foglalja össze. A diagram jelmagyarázatában látható a próbatest sorszáma, ezt követi az alkalmazott fárasztási feszültség szint. Zárójelben a próbatest kiinduló állapotában mért

átlagos feszültség értéket is feltüntetjük, továbbá jelezzük az 5 × 5-ös próbatestméretet is. A H jelölésű próbatest egy nemesített, de szemcse-szórással nem kezelt próbatest. A jelölők alakja a fázisztó feszültség-szinteket jelöli: kör 500, (510) MPa-on fázisztott próbatesteket, négyzet 450 MPa-on fázisztott próbatesteket, háromszög 400 MPa-on fázisztott próbatesteket, rombusz 350 MPa-on fázisztott próbatesteket jelenti. A könnyebb értelmezhetőség érdekében az eredményeket feszültség-szintekre bont-

va is ismertetjük, ahol az egyes próbatesthez tartozó értékeket összekötve mutatjuk be. Az átlagos kiinduló feszültségek értékeit ezeken a diagramokon is megadjuk (8. ábra).

A keletkező és terjedő repedés környezetében, a maradófeszültség-változások megfigyelésére két 5 × 5-ös bemetszett próbatestet készítettünk. A két próbatestet a négyzetes szelvényű karcsúsított részének közepén, két szemközti oldalán 0,5 mm mély, 90°-os nyílásszögű horonnyal láttuk el. A szemközti oldalakon történő bemetszéssel az aszimmetrikus terhelést kívántuk elkerülni. A próbatestek mind a négy oldalát, melyeket óramutató járásával megegyezően A, B, C és D betűvel jelöltünk, monitoroztuk 1 mm-es kollimátorral, a 2. ábrán bemutatott pontokban, 1 mm-es raszter mentén.

A maradófeszültség-állapotot szemcseszórt, bemetszett próbatesten vizsgálva, majd a korábbi kísérleteinkkel azonosan, a törés bekövetkeztéig a fázisztó igénybevételt meg-megállítva és a maradó feszültséget ismételten mérve terveztük a próbatesteket elfázisztani. A fázisztó igénybevétel húzó-nyomó jellegű, a terhelési amplitúdó $\sigma_{\max} = 350$ MPa, a feszültség

4. táblázat. A 3D letapogatás eredményei

Mért adat Próbatest	Oldal	Bázissiktól mért eltérés (mm)					Maximum eltérés	Szórt oldalak eltéréseinek átlaga
42CrMo4/1	szórt oldal	- 1,03	- 0,24	0,46	- 0,01	- 1,12	1,61	1,58
		- 1,04	- 0,04		- 0,02	- 1,15		
	hát- oldal	0,91	- 0,17	- 0,55	- 0,11	1	1,55	
		0,97	- 0,23		- 0,05	0,98		
42CrMo4/2	szórt oldal	- 0,99	0,3	0,43	0,09	- 1,09	1,55	
		- 1	0,16		- 0,13	- 1,12		
	hát- oldal	0,79	- 0,08	- 0,56	- 0,3	0,9	1,46	
		0,87	- 0,24		- 0,15	0,9		
MIL-A 46100/1	szórt oldal	- 1,16	- 0,20	0,30	- 0,40	- 1,07	1,48	1,59
		- 1,18	- 0,10		- 0,34	- 1,15		
	hát- oldal	0,98	0,12	- 0,35	0,02	1,03	1,42	
		0,97	0,16		0,24	1,07		
MIL-A 46100/2	szórt oldal	- 1,06	- 0,08	0,39	0,09	- 1,3	1,69	
		- 1,01	0,04		- 0,04	- 1,07		
	hát- oldal	0,94	- 0,13	- 0,57	- 0,2	nincs adat	1,58	
		1,01	- 0,24		- 0,08			
X6CrNiMoTi17-12- 2/1	szórt oldal	- 1,95	- 0,34	0,91	- 0,47	- 1,91	2,86	2,84
		- 1,76	- 0,26		- 0,24	- 1,79		
	hát- oldal	2,14	0,4	- 1,01	0,25	1,96	3,15	
		2,05	0,26		0,29	1,91		
X6CrNiMoTi17-12- 2/2	szórt oldal	- 1,9	- 0,6	0,88	- 0,55	- 1,84	2,81	
		- 1,91	- 0,31		- 0,37	- 1,93		
	hát- oldal	1,91	0,37	- 0,97	0,2	1,79	2,95	
		1,98	0,38		0,31	1,94		

aszimmetriáté-nyező $R_\sigma - 1$ volt.

A terhelés közben az első megállást, kiindulva a korábbi kísérleteinkből, 75.000 ciklus „betáplálása” után terveztük. Sajnos, a 14-es próbatest 64.000 ciklust követően eltört. A 15-ös próbatest pedig egy nagyságrenddel kevesebb, 5.800 ciklust viselt el törésig.

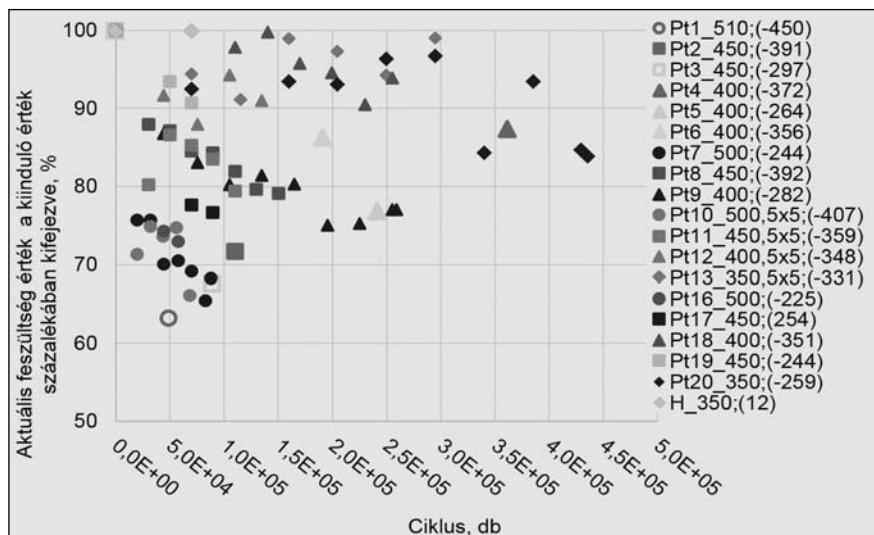
A maradó feszültség nagysága, a törés utáni állapotban, a törés helyétől távolodva fokozatosan csökken. Mindkét próbatest esetében (14/B; 15/C) találtunk egy olyan bemetszett oldalt, ahol a bemetszés környezetében található maradó feszültségek nemcsak leépülést, hanem nagyon érdekes visel-

5. táblázat. A ciklikus igénybevételnek kitett próbatestek fázisztási terve

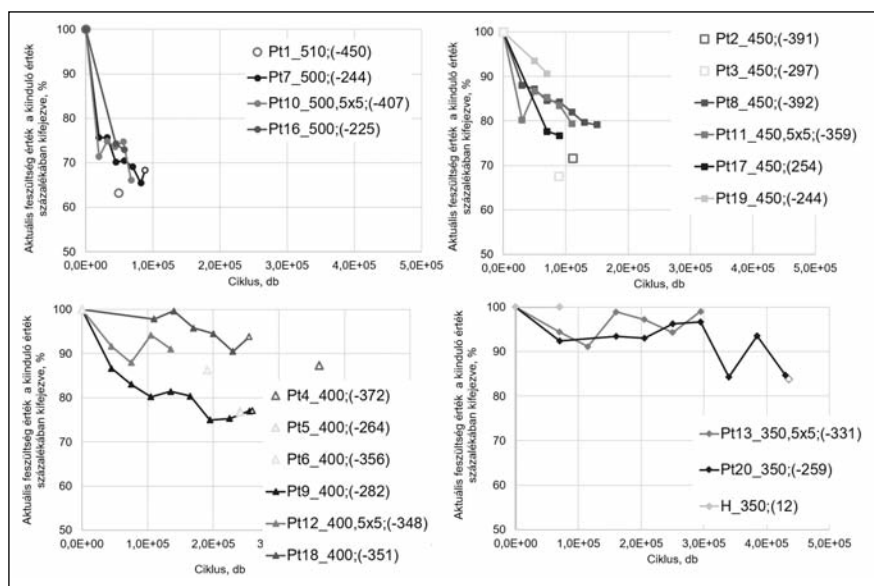
Próbatest száma	Méret	Terhelési feszültség σ_i , MPa	Terhelési egységek	
			N_i	N_n
1	7 × 7	510	próbafázisztások, vizsgálatok közvetlenül törésig	
2	7 × 7	450		
3	7 × 7	450		
4	7 × 7	400		
5	7 × 7	400		
6	7 × 7	400		
7	7 × 7	500	20000	12500
8	7 × 7	450	30000	20000
9	7 × 7	400	45000	30000
10	5 × 5	500	20000	12500
11	5 × 5	450	30000	20000
12	5 × 5	400	45000	30000
13	5 × 5	350	70000	45000
14	5 × 5	350	bemetszett próbatestek	
15	5 × 5	350		
16	7 × 7	500	45000	12500
17	7 × 7	450	70000	20000
18	7 × 7	400	11000	30000
19	7 × 7	450	50000	20000
20	7 × 7	350	70000	45000
H	7 × 7	350	70000	45000

kedést, irányváltást mutatnak, vagyis ezekben a rácspontokban húzó jellegű maradó feszültség jelent meg.

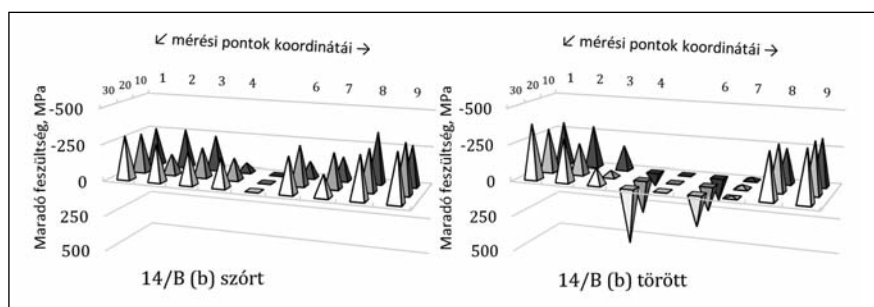
A húzófeszültség kialakulás jelenségének jobb megértése érdekében



■ 7. ábra. A maradó feszültség fárasztó igénybevétel közbeni viselkedése. Az egyes próbatestek átlagos kiinduló feszültségértékeit 100%-nak tekintve a különböző feszültségszinteken, az egyes terhelési egységek után ismételt mérte átlagos feszültségértékeket a kezdeti feszültség %-os értékében, a ciklusszám függvényében ábrázolva



■ 8. ábra. A maradó feszültség fárasztó igénybevétel közbeni viselkedése, terhelési feszültségszintekre bontva



■ 9. ábra. A 14-es számú bemetszett próbatest B oldalának 1 mm-es raszter mentén mért maradófeszültség-eloszlása a sörétszórt majd bemetszett, és törésig fárasztott állapotban

további vizsgálatokat végeztünk. Az eltört fárasztópróbatestek töretfelületét pásztázó elektronmikroszkóppal is megvizsgáltuk.

Mindkét próbatest töretfelületének megvizsgálása után arra a következtetésre jutottunk, hogy azokon a repedésterjedés egyirányú volt és a kialakuló húzófeszültség mindig azon az oldalon keletkezett, ahol a tönkremenetel utolsó szakasza, a ridegtörés történt.

A 9. ábra a 14-es számú, bemetszett próbatest B oldalán, a sörétezés után, valamint a törés utáni állapotban mért feszültségeloszlás érzékelteti a jelenséget, vagyis a maradó feszültség leépülését, illetve annak irányváltását.

A 10. ábra bemutatja a 14-es számú próbatest teljes töretfelületének elektronmikroszkópos képét és annak értékelését.

Összefoglalás

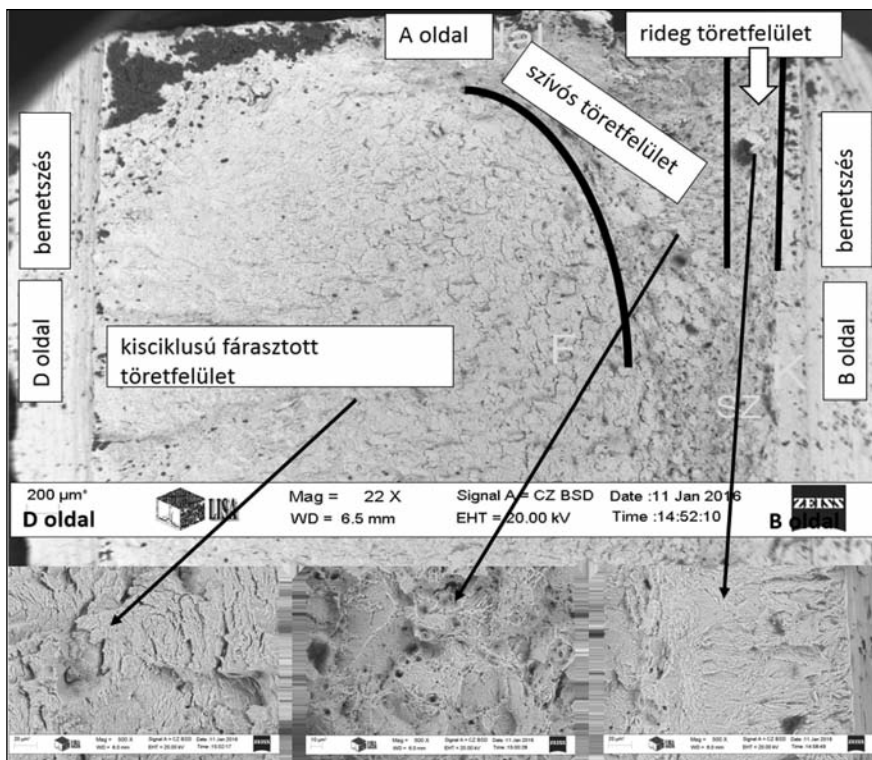
Kísérletekkel igazoltuk az eltérő anyagminőségek és -állapotok azonos szemcseszórás után mutatott eltérő maradó feszültség felvőképességét. Az összehasonlító vizsgálatok esetében kapcsolatot találtunk a lemez próbatestek (sörétezéshez használt) befogójából történő kivétele után tapasztalható spontán feszültségváltozás mértéke, a próbatest deformációja, valamint folyáshatára között.

Ciklikus terhelés közbeni maradó feszültség méréseink eredményei rámutattak a nemesített alapanyag terhelési feszültségszintjeinek a maradófeszültség-relaxációjára gyakorolt hatására. Megfigyelhető, hogy a feszültségleépülés mértéke arányos a terhelési feszültség nagyságával. A feszültségrelaxációs-görbék közös jellemzője a relaxáció lassuló üteme. A leépülés a terhelés kezdeti szakaszában a legnagyobb sebességű és folyamatosan lassuló jellegűt mutat.

Egyértelmű kapcsolatot találtunk a tönkremeneteli mechanizmus befejező szakasza és a törés szűk környezetében mérhető maradó feszültségek nagymértékű leépülése, illetve irányváltása között.

Köszönetnyilvánítás

A kézirat megszületéséért köszönet illeti a Miskolci Egyetem vezetőségét, dr. Torma András rektort és dr. Deák Csaba kancellárt, amiért a Terplán Zénó Program TETRA alprogramjának



■ 10. ábra. A 14-es próbatest teljes töretfelületének (felső kép) és a töretfelület tipikus területeinek nagyított SEM-felvételei: fáradásos (bal alsó), szívós (középen alul) és rideg (jobb alsó) területek. A teljes töretfelületen vastag fekete vonal jelöli az eltérő töretfelület-jellegek határait.

keretében támogatta Cseh Dávid doktorjelöltet kutatási programja megvalósításában.

Irodalom

[1] Bárczy P. – Fuchs E.: Metallográfia I., Budapest: Tankönyvkiadó, 1981.
 [2] Krawitz, A. D.: Introduction to diffraction in materials science and engineering, USA: John Wiley & Sons, INC, 2001.
 [3] Martin, U. – Altenberger, I. – Scholtes, B. – Kremmer, K. – Oettel, H.: Cyclic deformation and near surface microstructures of normalized shot peened steel, Material Science and Engineering, pp. 69–80, 1997.
 [4] Stephens, R. I. – Fatemi, A. – Stephens, R. R. – Fuchs, H. O.: Metal fatigue in Engineering 2nd Edition, USA: John Wiley & Sons, 2001.
 [5] Wang, Y. – Dong, J. – Zhang, M. – Yao, Z.: Stress relaxation behavior and mechanism of AEREX 350 and Waspaloy superalloy, Materials Science & Engineering A, %1. kötet 687, 2016.

[6] Cioffi, M. – Volpiano, H. V. G. – Rezende, M.: Carbon fiber non-crimp multi-axial reinforcement and epoxy mono-component system composite: fatigue behavior, Procedia Engineering, %1. kötet 2, pp. 341–348, 2010.
 [7] Shin, Y. C. – Tian, Y.: Laser-assisted burnishing of metals, International Journal of Machine Tools and Manufacture, pp. 14–22, 2006.
 [8] Coupard, D. – Palin-luc, T. – Bristié, P. – Ji, V. – Dumas, C.: Residual stresses in surface induction hardening of steels: Comparison between experiment and simulation, Material Science and Engineering, %1. kötet 487, p. 328–339, 2008.
 [9] Mahajan, D. – Tajane, R.: A Review on Ball Burnishing Process, International Journal of Scientific and Research Publications, pp. 1–8, 2013.
 [10] Palaniradja, K. – Alagumurthi, N. – Soundararajan, V.: Residual Stresses in Case Hardened Materials, The Open Materials Science Journal, %1. kötet, összesen: %24, , pp. 92–102, 2010.
 [11] Ochi, Y. – Matsumura, T. – Ika-

rashi, T. – Masaki, K. – Kakiuchi, T. – Sano, Y. – Adachi, T.: Effects of laser peening treatment without protective coating on axial fatigue property of aluminum alloy, Procedia Engineering, %1. kötet 2, pp. 491–498, 2010.

[12] Paquet, D. – Lanteigne J. – Bernard, M.: A new experimental method for the introduction of a predetermined amount of residual stresses in fatigue test specimens, ASME Appl Mech, pp. 79: 1–13, 2012.
 [13] Withers P. J. – Bhadeshia, H.: Residual Stress, Part 1 Measurement techniques, Material Science and Technology Vol 7, pp. 355–365, 2001 April.
 [14] Gyimesi, F. – Szigethy, A. – Borbély, V. – Kiss, R. T.: New measurement possibilities of deformation anomalies and complete stress field distributions by portable digital-holographic gauge camera, 21st European Conference on Fracture, ECF21, 20–24 June 2016, Catania, Italy, 2016.
 [15] Dalaei, K. – Karlsson, B. – Svensson, L.-E.: Stability of residual stresses created by shot peening of pearlitic steel and their influence on fatigue behaviour, %1. kötet 26, 13–622, 2010.
 [16] Dalaeia, K. – Karlssona, B. – Svenssona, L.-E.: Stability of shot peening induced residual stresses and their influence on fatigue lifetime, Materials Science and Engineering A, pp. 1008–1015, 2010.
 [17] ASM International, Handbook of Residual Stress and Deformation of Steel, USA: ASM International, 2002.
 [18] Fu, P. – Jiang, C.: Residual stress relaxation and micro-structural development of the surface layer of 18CrNiMo7-6 steel after shot peening during isothermal annealing, Materials and Design, %1. kötet 56, 2014.
 [19] Juijerm, P. – Altenberger, I.: Residual stress relaxation of deep-rolled Al–Mg–Si–Cu alloy during cyclic loading at elevated temperatures, %1. kötet 55, 1111–1114, 2006.
 [20] Juijerm P. – Altenberger, I.: Effect of temperature on cyclic deforma-

- tion behavior and residual stress relaxation of deep rolled under-aged aluminium alloy AA6110, Materials Science and Engineering, %1. kötet 452, 2007.
- [21] Kattoura, M. – Mannava, S. R. – Qian, D. – Vasudevan, V. K.: Effect of laser shock peening on elevated temperature residual stress, microstructure and fatigue behavior of ATI 718Plus alloy, International Journal of Fatigue, %1. kötet 104, 2017.
- [22] Ren, X. – Zhou, W. – Xu, S. – Yuan, S. – Ren, N. – Wang Y. – Zhan, Q.: Iron GH2036 alloy residual stress thermal relaxation behavior in laser shock processing, Optics&LaserTechnology, %1. kötet 74, 2015.
- [23] Xie, H. – Donga, X. – Peng, F. – Wang, Q. – Liu, K. – Wang, X. – Chen, F.: Investigation on the electrically-assisted stress relaxation of AZ31B magnesium alloy sheet, Journal of Materials Processing Technology, %1. kötet 227, 2016.
- [24] Xie, X-f. – Jiang W. – Luo, Y.: A model to predict the relaxation of weld residual stress by cyclic load: Experimental and finite element modeling, International Journal of Fatigue, %1. kötet 95, 2017.
- [25] Macherauch E. – Hauk, V.: Residual stress in Science Technology Vol 2, Németország: I. R. Publications, 1987.
- [26] Kim, J.-C. – Cheong, S.-K. – Nog, H.: Residual stress relaxation and low- and high-cycle fatigue behavior of shot-peened medium-carbon steel, International Journal of Fatigue, pp. 114–122, 2013.
- [27] Kim, J.-C. – Cheong, S.-K. – Nog, H.: Proposed fatigue damage measurement parameter for shot-peened carbon steel based on fatigue crack growth behavior, International Journal of Fatigue, pp. 97–106, 2014.
- [28] Viganò, F. – Manes A. – Giglio, M.: Effect of cold driving process on fatigue life of helicopter fuselage joints, Procedia Engineering, %1. kötet 2, pp. 639–647, 2010.

MESZLÉNYI GYÖRGY – BITAY ENIKŐ

Az egyimpulzusos lézersugaras fúrás folyamatának elemzése

Lézersugaras, egyimpulzusos fúrásnál fontos szerep jut a megmunkáló lézernek, ezen belül a fókuszált nyáláb keresztmetszeti jellemzőinek: a fókuszfolt átmérőnek és a Rayleigh-hossznak. A cikk vizsgálja e két jellemző értéket befolyásoló tényezők hatását. 20 mikrométer vastagságú, rozsdamentes acélfólia egyimpulzusos lézersugaras fúrásánál vizsgáltuk a fókuszpozíció, a nitrogén munkagáz nyomásának és az impulzusenergiának a furatok átmérőjére gyakorolt hatását. A kísérletekből kiderült, hogy a fókuszpozíciónak a legerősebb a hatása a furatátmérőre, ezt követi az impulzusenergia hatása, majd a munkagáz nyomása, és hogy a lézersugaras fúrásnál olyan nemlineáris hatások lépnek fel, mint a plazmaképződés, az elpárolgott fém gőznyomása. Ezek okozzák a furatok szabálytalanságait és átmérő-ingadozását.

Bevezetés

A lézersugaras fúrás szakirodalmi megkülönböztet egyimpulzusos fúrást, illetve ütfúrást, ahol a lézer egy furat kialakításához több impulzust használ, a nagyobb furatok létrehozásához használt trepanációs (lépcsős) fúrást és a bolygófurást [1]. Ebben a cikkben az egyimpulzusos fúrást vizsgáljuk, amely eljárással létre lehet hozni szűrőket, maszkokat, üzemanyag befecskendező nyílásokat [2].

A villanólámpás gerjesztésű Nd:YAG lézert és az Aerotech gyártmányú munkadarab-mozgató szánokat a Minvasive Kft. építette össze, és készítette el a rendszer vezérlőprogramját. Ez a program lehetővé teszi a CNC-megmunkálásnál elterjedt szerzőmérték: három különböző lézerbeállítás használatát, jelen esetben a 10, 30, 50 mJ-os kísérleti furatsorozatok egy munkafolyamatban való elkészítését.

Érdemes megvizsgálni a kísérletnél

használt LASAG KLS 246-040FC típusú, 15 W átlagteljesítményű, villanólámpás gerjesztésű, impulzusos üzemű Nd:YAG lézer műszaki adatait és a fókuszált lézernyaláb keresztmetszetének jellemzőit, ugyanis ezek határozzák meg a munkadarab érintése nélkül dolgozó sugáryalábát.

Az 1. táblázat tartalmazza a lézernyaláb műszaki adatait.

A kis impulzusenergiából kiderül, hogy ez a lézer inkább mikromegmunkálásra alkalmas; a gyakorlatban maximum kb. 1 mm-es lemezt tud kifúrni vagy átvágni. Ugyanakkor megtévesztő a 15 W átlagteljesítmény, mert ha egy impulzus teljesítményét kiszámítjuk (az impulzusenergiát elosztva az impulzusidővel), akkor meglepően nagy értéket kapunk: pl. $P_i = E_i / t = 100 \text{ mJ} / 0,015 \text{ ms} = 667 \text{ W}$ impulzusteljesítmény.

Meszlényi György a BME-n szerzett gépészmérnöki oklevelet 1991-ben. Jelenleg az Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Karának mérnök-tanára és az Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskolájának hallgatója.

Bitay Enikő a kolozsvári műegyetemen szerzett gépészmérnöki oklevelet 1985-ben. Jelenleg a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem docense Marosvásárhelyen. 2016-ban a Magyar Tudományos Akadémia külső tagjává választották. Az Erdélyi Múzeum-Egyesület (EME) főtákaraként az erdélyi magyar tudományos közélet egyik legfontosabb vezetője.

mény adódik. Ez például azt is jelenti, hogy az emberi szem számára veszélyesebb, mint egy folyamatos üzemű 15 W-os lézer, ezért a szemet adott hullámhosszon védő és megfelelő optikai denzitású védőszemüveggel kell védeni.

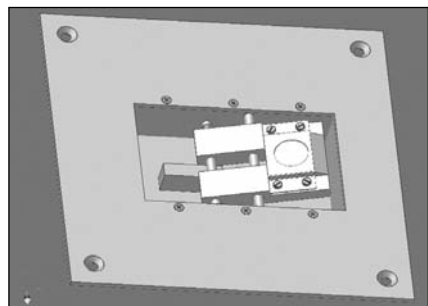
A fókuszált lézernyaláb lézerfolt-átmérője (1) és a Rayleigh-hossz (2) két fontos jellemzője a megmunkálásnak. Vizsgáljuk meg az (1) egyenletben szereplő paraméterek hatását [1].

$$d_{spot} = \frac{4\lambda M^2 f}{d_{beam}\pi} \quad (1)$$

A lézer hullámhosszának (λ) szerepe: ha Nd:YAG lézert ($\lambda = 1,064$ mikrométer) használunk CO₂ lézer ($\lambda = 10,600$ mikrométer) helyett, akkor 10-szer kisebb foltra lehet fókuszálni a lézernyalábot.

Ugyanakkor egy másik tényezőt is figyelembe kell venni: a megmunkáló lézert úgy kell kiválasztani, hogy annak hullámhosszán a megmunkálendő anyagnak nagy legyen a fényelnyelése, így jobb a megmunkálás hatásfoka, és kevesebb sugárzás tükröződik vissza az anyagról.

Az M^2 nyalábminőség faktor azt jellemzi, hogy mennyire tér el a nyaláb az ideális Gauss-nyalábtól (ideális esetben $M^2 = 1$). A lézer optikai elemeinek szennyeződése, kezdődő tönkremenetele, a Nd:YAG rúd végeinek termális lencsézési effektusa ronthatnak a nyalábminőségen, így ekkor a nyalábminőség faktor, ezzel együtt a fókuszált nyaláb lézerfoltátmérője nő. Ezek a jelenségek minden megmunkáló lézerre igazak. A lézerek ki vannak téve a megmunkáló műhely nem mindig tiszta környezeti hatásainak: az ott jelenlévő por a villanólámpa cseréjekor rárakódhat az optikai rendszer elemeire, elsősorban a tükrökre, amelyek a nagy teljesítménysűrűség miatt



■ 1. ábra. A fóliafeszítő szerkezet modellje

1. táblázat. A LASAG KLS 246-040FC lézerberendezés lézernyalábjának műszaki adatai

Hullámhossz	1064 nm
Nyalábátmérő a nyalábtágító előtt	2,5 mm
Impulzusidő	12–300 μ s
Impulzusfrekvencia	0,1–500 Hz
Impulzusenergia	2–180 mJ
A fókuszáló lencse fókusz távolsága	50 mm
M^2 faktor a kísérletnél (a szerviz közlése alapján 5 W átlagteltjesítmény alatt, ami a kísérletben fennáll)	3
Módusszerkezet (a szerviz közlése alapján)	TEM ₀₀ közeli

károsodhatnak. Leggyakoribb a fókuszálólencse előtti védőüveg károsodása, mert ez helyezkedik el a lencse és a munkadarab között, így visszaszóródhatnak rá a megolvadt anyag cseppjei.

A fókuszálólencse fókusz távolsága (f): minél kisebb a fókusz távolság, annál kisebb a fókuszfolt és a Rayleigh-hossz.

A d_{beam} nyalábátmérő a fókuszálólencse előtt (függ a nyalábtágító állástól). A nyalábtágító egytől nyolcszorosig képes a nyalábot a fókuszálólencse előtt tágítani, ennek hatása a 2. táblázatban követhető.

$$Z_R = \frac{4\lambda M^2 f^2}{d_{beam}^2 \pi} \quad (2)$$

A Rayleigh-hossz (Z_R) a nyalábterjedés irányában a fókusz síktól mért azon távolság, amely végén a lézerfolt területe duplájára, így a nyaláb rádiusza $\sqrt{2}$ -szeresére nő [1]. Általában a Rayleigh-hossz kétszeresén belül tekintik fókuszban levőnek a nyalábot. A (2) képlet nagyon hasonló a lézerfoltátmérő képletéhez (1), csak itt a fókuszálólencse fókusz távolsága és a lencse előtti nyalábátmérő a négyzetben szerepel.

A táblázatból kitűnik, hogy miért hasznos a nyalábtágító: a fókuszfolt átmérője a feltágított nyaláb átmérőjével fordítotán arányos, így minél tágabb a nyaláb, annál kisebb területre fókuszálható a lézerimpulzus energiája.

Ennek az az ára, hogy minél tágabb a nyaláb, annál kisebb a Rayleigh-hossz, tehát annál erősebb a divergencia (a nyaláb szét tartása). Tehát nagy (8-as) nyalábtágító

állásnál a vékonyabb anyagok munkálhatóak meg kis furatátmérővel, vagy vágás esetén kis vágási résszel, mely értékek általában 2-3-szorosai a nyalábátmérőnek.

A kísérleti munka

A lézersugaras fűrási kísérletekből kiderült, hogy az ún. mikroszekundumos lézerekkel nem lehet olyan kis átmérőjű furatot fűrni, mint a lézerfolt átmérője, hanem csak kb. háromszor nagyobbat, és ezt is csak a lézernyaláb fókuszában. Ez azért van így, mert a Gauss-eloszlású lézerimpulzus még a lézerfolt határán túl is elég nagy energiatartalmú az anyag megolvastásához. Az alkalmazott lézer működési diagramja, amiből a beállítások jobban megérthetőek, a [4] publikációban találhatóak.

A kísérlet során állandó volt az anyag (1.4301 típusú ausztenites korrozóálló acélfólia), az anyagvastagság (0,02 mm), az impulzushossz (0,12 ms) és a nyalábtágító állása (4-es szorzó a tágítatlan nyalábhoz képest). Változók voltak: a munkagáz (oxigén, illetve nitrogén), a munkagáz nyomása (2 és 5 bar), a lézerimpulzus energiája (10, 30, 50 mJ) és a fókuszpozíció (a fókuszfolthoz képest $\pm 0,7$ mm között).

2. táblázat. A nyalábtágító hatása a fókuszfolt méretre és a Rayleigh-hosszra

Nyalábtágító állás	Nyalábátmérő (mm)	d_{spot} (mikrométer)	Z_R (mikrométer)
1	2,5	81,3	1626,5
2	5	40,7	406,6
3	7,5	27,1	180,7
4	10	20,3	101,7
5	12,5	16,3	65,1
6	15	13,6	45,2
7	17,5	11,6	33,2
8	20	10,2	25,4

A fóliába a különböző fókuszpozícióban egyetlen lézerimpulzus által fúrt furatok létrehozásához a szinuszemelelő elvén működő fóliafeszítő készüléket terveztünk, melynél a kifeszített fólia ferdesége mérőhasábbal állítható (1. ábra).

A fóliafeszítő szerkezet közepére feszített fólia a mérőórás vízszintmérés kis erőhatása alatt is behajlott, ezért valószínűleg a munkagáz nyomása alatt is behajlott volna. Ezért a kezdeti tervhez képest a fólia befogását egy 4 mm-es sávra korlátoztuk. A másik változás az asztal két helyen történő csavarorsós alátámasztása volt azért, hogy az asztal ne süllyedjen le a munkagáz nyomása alatt (2. ábra). A csavarorsós alátámasztások, melyek egy ferde felületre szorítanak rá, a fúvókától balra látszanak.

Az első furatsorozatok 5 bar nyomással, O_2 segédgázzal, 50, 30 és 10 mJ impulzusenergiával, különböző fókuszsiókban készültek. Egy furatsorban kb. 60 furatot hoztunk létre. A kísérleti beállítások dokumentálására adatlapokat használtunk, amelyek az alábbi kísérleti feltételek mindegyikét rögzítették:

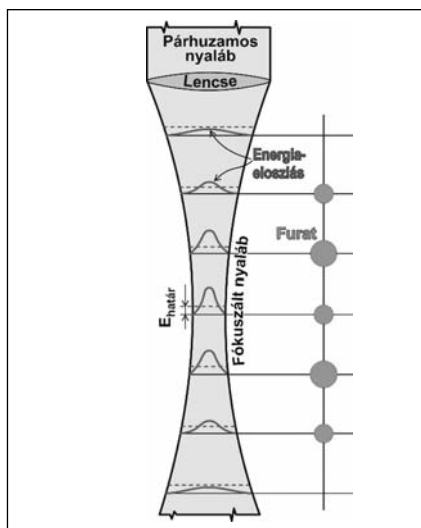
- csőfeszültség, V
- impulzus frekvencia, Hz
- impulzusidő, ms
- impulzusenergia, mJ
- impulzusteljesítmény, W
- a lézer átlagteljesítménye, W
- vízszintes lövési távolság, mm
- vágási sebesség (most irreleváns), mm/s
- mozgatórendszer gyorsulása, mm/s²
- segédgáz fajtája
- segédgáz nyomása, bar
- fúvókátávolság az anyag felszínétől, mm
- fókusz helyzete a fúvóka alsó síkjához képest, mm
- nyalábtágító-állás: 4
- anyagminőség jele
- anyagvastagság, mm
- a vágási pálya alakja (most irreleváns)
- fóliafeszítő szerkezet mérőhasáb alátét ferdesége, fok
- fóliafeszítő szerkezet lefogatósi alátét, db
- villanólámpa által leadott impulzu-



■ 2. ábra. A fóliafeszítő szerkezet a lézerfej alá, a mozgatórendszerre szerelve



■ 3. ábra. A második kísérletsorozatban, 2 bar nyomású N_2 segédgázzal készített furatsorozatok



■ 4. ábra. A fókuszált lézernyaláb különböző metszeti síkjaiban különböző méretű furatok jönnek létre

sok száma

- környezeti hőmérséklet, °C
- relatív páratartalom, %
- plazmaképződés megfigyelhető-e?

A második kísérletsorozatban 5 bar, majd 2 bar nyomású N_2 segédgázzal (3. ábra) 0,02 mm-es rozsdamentes acélfólián (ANSI 304) felülről lefelé 50, 30, 10 mJ impulzusenergiával, különböző fókuszsiókban furatokat készítettünk.

A Gauss-eloszlású, fókuszált lézernyaláb impulzusenergiája elosztva azzal a területtel, amelyre szétoszlik, J/m²-ben adható meg az átlagos (fajlagos) energiasűrűség a különböző metszeti síkokban. Ha ez elér egy $E_{\text{határ}}$ energiasűrűséget, ami az ol-

vasztási határ az adott anyagra, akkor a Gauss-eloszlás és az $E_{\text{határ}}$ energiasűrűség metszésként létrejön az olvasztott furat átmérője. Ez az átmérő az ábrából leolvasható módon a fókusz síkjában a legkisebb, a fókusz-síktól távolodva nő, majd még jobban távolodva csökken, ezt a kísérletek is igazolták (4. ábra, illetve 6–8. ábra).

A 4. ábra csak tendenciákat mutat, ezért csak elvi jellegű, mert a fókuszolt síkjában a lézersugár a nyalábtágító-állásnál nagyobb furat átmérője.

A fentiekből következik, hogy a fúrás kísérlet elvégzésével választ lehet adni arra, hogy hová esik a fókuszolt nyaláb fókuszfoltja. Az egyimpulzusos fúráskor a furat közepénél az anyag valószínűleg elpárolog, de a furat széle felé haladva, a csökkenő energiasűrűség miatt már csak olvasztás történik, ezért a furatát-mérőt egyben olvasztási átmérőnek is lehet nevezni (5. ábra).

Az egy munkamenetben készült három furatsornál csak relatív koordináták léteznek, mert a munkadarab kontúrjához képesti pozíciót nehéz meghatározni. A Z-koordinátatengely a lézersugár terjedési irányába esik. A lézersugaras kezelés eredményeinek értékelésekor a lézerfejhez legközelebbi furat helyzetét definiáljuk nulla Z-koordinátájúnak. A 19 mm-es mérőhasáb magasságából trigonometriai összefüggésekkel meghatározható, hogy két furatközéppont között 18 mikrométer Z-koordináta eltérés van. A kísérleteket 4-es nyalábtágító-állásnál végeztük.

A furatokat Zeiss anyagvizsgáló mikroszkópra szerelt, 3 megapixeles kamerával lefényképeztük, és ScopePhoto képelemző programmal, hárompontos furatmérési eljárással mértük meg úgy, hogy a furatok szabálytalanságait is figyelembe vettük olyan módon, hogy a furatkontúrra illesztett körön kívül és belül eső területek közelítőleg azonosak legyenek. Ha a furatokat ideális körnek tekintjük, és összevetjük a fólia 5 fokos ferdesége miatti legnagyobb és legkisebb átmérő közötti különbséget, akkor 100 mikrométeres furatra alkalmazva ez elhanyagolható, 0,4%-os különbséget jelent.

Az a téves elképzelés él az emberek fejében, hogy a lézersugárral meg-

munkált felületek mindig „szépek” és szabályosak. A köznyelvben el is terjedt a „lézerprecíz munka” kifejezés. Ezek az állítások, különösen, ha anyagvizsgáló mikroszkóppal megvizsgáljuk az egy-egy impulzussal készített furatokat, nem igazak. Még a szakirodalomban közölt egyes képek sem felelnek meg ennek [5]. Milyen eltéréseket tapasztalunk az ideálistól, és mik az eltérések okai?

A kísérletek tapasztalatai

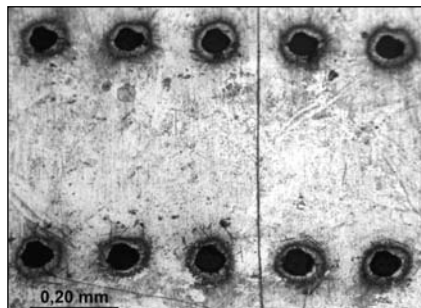
Fontos jellemzője a fúrásnak a hőhatásövezet megjelenése a furat körül, mely az anyag felületének elszíneződésében (futtatási szín) is tetten érhető (6. ábra). Ennek az az oka, hogy a lézernyaláb olvasztási átmérőn kívül eső részének egységnyi felületre eső energiatartalma egy adott körgyűrűn belül még mindig jelentős. Különösen a fókuszolt környezetben figyelhető meg ez a jelenség, ahol a legnagyobb az impulzus energia koncentrációja. Ezzel kapcsolatban a következő megjegyzéseket tesszük:

- Ha oxigén munkagázt használunk, akkor a furat legbelső rétege (a furat „fala”) oxidréteg.

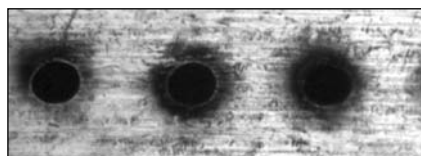
- A furat falán lévő salakréteg alatt található a megolvadt réteg, ami valószínűleg a lézernyaláb által megolvadt és újra megszilárdult anyagréteg.

- Az alsó kilépő nyíláson általában nagyobb mennyiségű olvadt anyag rakódik le, ezt tapadósallagnak szokták nevezni, az MSZ EN ISO 17658:2015 szabvány alapján.

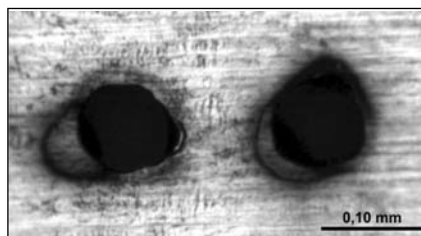
- A nem kör alakú felső furatkontúr a lézernyaláb aszimmetriája, a meg-



■ 5. ábra. Oxigén munkagázt használva az exoterm reakció miatt elvileg nagyobb furatok készíthetők, de ez bizonytalanra teszi a furat kontúráját



■ 6. ábra. 30 mJ impulzusenergiával készített furatsor közepe: nagy hőhatásövezet a furatok körül



■ 7. ábra. 30 mJ impulzusenergiával készített furatsor vége: szabálytalan felső kontúrú furatok

munkálásnál fellépő nemlineáris folyamatok és a plazmaképződés miatt alakul ki (7. ábra).

- Kúpos lesz a furat, mert a megmunkált fólia felső részén több energia nyelődik el.

- Erős furatátmérő-ingadozás alakult ki a plazmaképződés miatt, az elvi

fókuszszík feletti és alatti tartományban.

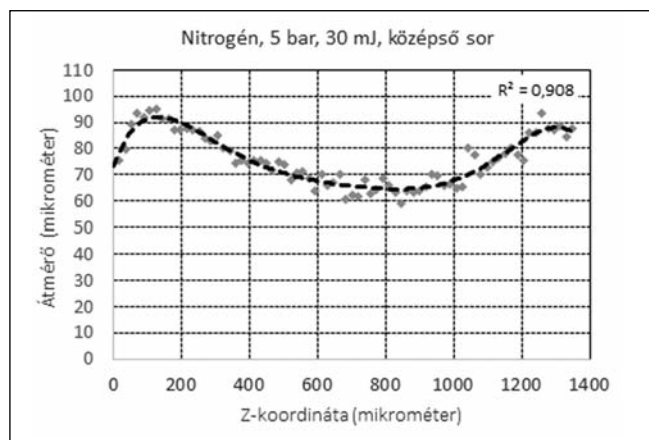
Jó, ha ezekkel a jelenségekkel tisztában vagyunk. Ennek ellenére lehet törekedni olyan lézersugaras megmunkálási beállításokra, melyek az adott anyagnál és anyagvastagságnál jó minőségű felületet adnak. Ezek általában optimalizálás eredményei, vagy utólagos megmunkálással, pl. elektro-polírozással érhetők el.

A kisebb energiájú, azonos helyre leadott impulzusokkal végzett fúrással szabályosabb furatokat lehet készíteni a szakirodalom szerint, de ilyenkor kisebb a termelékenység.

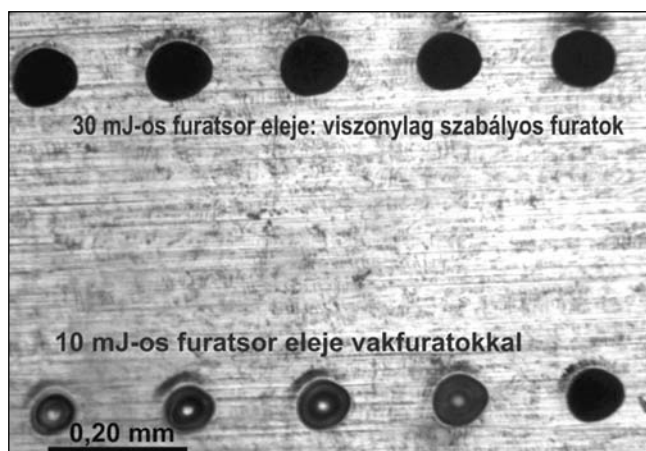
A kísérletek eredményei

Most vizsgáljuk meg a furat olvasztási átmérője és a fókuszpozíció összefüggésének megismerésére irányuló kísérlet eredményeit:

A 8. ábra mutatja 5 bar nitrogén munkagázt használva, 30 mJ impulzusenergiával készített furatok fókuszpozíció-furatolvasztási átmérő függvényeit, ahol a Z-koordináta a legfelső furattól való függőleges (a fókuszált lézernyaláb tengelye irányába eső) eltérést jelöli. Elég ezt az egy függvényt megmutatni, mert a másik kettő: a 10 és 50 mJ energiával készített furatok átmérői ugyanezt a tendenciát követik: a mért furatokra illesztett trendvonal alja mindhárom függvény-nél 65 mikrométer körüli (vagyis az adott feltételek esetén, a legkisebb furat átmérője 65 mikrométer), tehát az impulzusenergiának a furatok átmérőjére gyakorolt hatása elhanyagolható.



■ 8. ábra. 5 bar nyomású nitrogéngázzal, 30 mJ energiával készített furatok felső lemezsíkon mért átmérője a Z-koordináta függvényében



■ 9. ábra. A 30 mJ és a 10 mJ impulzusenergiával készített furatsor eleje

A 4. ábráról megjósolható furat-átmérő-csökkenés az első, a görbe bal oldalán, a fúvókához közeli tartományban látszik. A kisebb impulzusenergia inkább abban játszik szerepet, hogy a fúrás létrejötte eltolódik a fókusz irányába (9. ábra).

Valószínűleg a plazmaképződés miatt, a fókusz közelében és a fókuszáló lencsétől távolabb (nagyobb Z-koordinátájú helyeken) erősen ingadozik a furatátmérő. Pontosabban fűrni a görbe első egynegyedénél, a 0–300 mikrométer tartományban lehet. Értékelve a furatgeometriákat: a 4. ábrán szabályosabb kontúrú furatokat látunk.

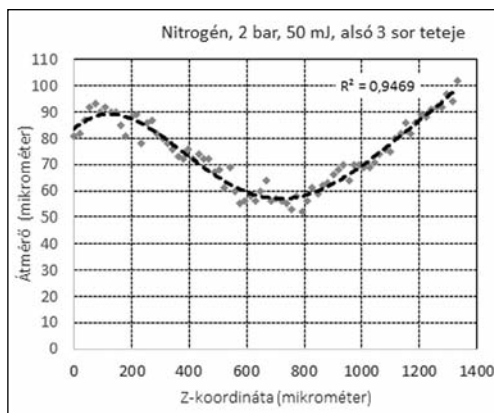
2 bar nitrogén munkagázt használva, különböző impulzusenergiával készített furatok fókuszpozíció–furat olvasztási átmérő függvényei láthatóak a 10–12. ábrán.

A függvényekből leolvasható, hogy 2 bar nyomású nitrogént használva, minél nagyobb az impulzusenergia, annál nagyobbak a furatátmérők. A mért furatátmérőkre illesztett trendvonal alja 50 mJ-nál 58 mikrométer, 30 mJ-nál 55 mikrométer, 10 mJ-nál 50 mikrométer körüli. A legnagyobb furat átmérője rendre 100, 90, 80 mikrométer, 50, 30, 10 mJ energiánál. A 4. ábráról megjósolható furatátmérő-csökkenés a 10. és 11. ábra bal oldalán, a fúvókához közeli tartományban látszik. Mivel a nitrogén munkagáz sem olcsó, ezért a furatátmérő változtatásához érdemes a 2 bar-os beállítást használni, így kevesebb fogy belőle.

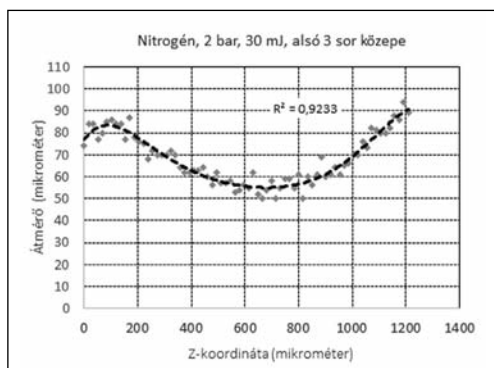
A kísérletek eredményeiből kitűnik, hogy az impulzusenergiának nincs lineáris hatása a furatátmérőre, a furatok átmérői nem követik a fókuszált nyaláb keresztmetszetét és ingadozó átmérőjűek. A nemlineáris hatások okait a következőkben látjuk:

- Az elpárologtatott anyag párányomása kilöki az olvadt anyagot a furatból.

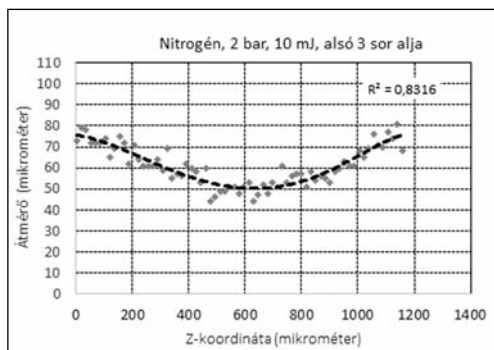
- Plazmaképződés (lilas színű, gömbölyded felhő) figyelhető meg; a plazma nagy optikai sűrűségű ionizált gáz, mely a lézersugárzás jelentős részét abszorbeálja.



■ 10. ábra. 2 bar nyomású N₂ gázzal, 50 mJ impulzusenergiával készített furatok felső lemezén mért átmérője a Z-koordináta függvényében



■ 11. ábra. 2 bar nyomású N₂ gázzal, 30 mJ impulzusenergiával készített furatok felső lemezén mért átmérője a Z-koordináta függvényében



■ 12. ábra. 2 bar nyomású N₂ gázzal, 10 mJ impulzusenergiával készített furatok felső lemezén mért átmérője a Z-koordináta függvényében

Összefoglalás

A cikkben megvizsgáltuk az egyimpulzusos lézersugaras fúrás folyamatát 20 mikrométer vastagságú, ausztenites rozsdamentes acélfólián. Elemeztük a fókuszált nyalábkeresztmetszet jellemzőinek – a lézer foltméretnek és a Rayleigh-hossznak – a hatását. A kísérletek alapján kiderült, hogy csak a lézernyaláb foltméreténél kb. háromszor nagyobb furatot lehet elkészíteni.

E méret alá nem lehet lemenni fúráskor, mert a Gauss-eloszlású lézerimpulzus még a lézerfolt határán túl is elég nagy energiatartalmú az anyag megolvasztásához.

A kísérlet során vizsgáltuk a fókuszpozíció, a nitrogén munkagáz nyomása és az impulzusenergia furatátmérőre gyakorolt hatását. 5 bar nyomáson a fókuszpozíció–furatátmérő függvények majdnem azonos lefutásúak voltak, az impulzusenergiától függetlenül. 2 bar nyomáson a nagyobb impulzusenergiához, a fókuszpozíció–furatátmérő függvényen nagyobb minimum és maximum értékek tartoztak. Ezzel a beállítással lehet legjobban befolyásolni a furatátmérőt, és takarékoskodni is lehet a munkagázzal.

A kísérletek alapján feltételezhető, hogy a lézersugaras fúrásnál olyan nemlineáris hatások lépnek fel, mint pl. a plazmaképződés, az olvadt anyag gőznyomása. Ezek okozzák a furatok szabálytalanságait és átmérő ingadozását, elsősorban a fókuszfolt környékén, ahol a plazmaképződés fellép, és ez alatt. Legszabályosabb furatokat a fókuszpozíció–furatátmérő függvény első egynegyedénél, a 0–300 mikrométer tartományban lehet készíteni.

Irodalom

- [1] Buza Gábor: Lézersugaras technológiák II. EDUTUS Főiskola (2012)
- [2] www.potomac-laser.com/services/core/micro-hole-drilling/ (2018. április 6.)
- [3] Kaplan, A. F. H.: Theoretical analysis of laser beam cutting. Shaker Verlag, Aachen 2002.
- [4] Puskás Zs. – Antalfi Z. – Dobránszky J.: Lézeres mikromegmunkálás. Műszaki Szemle, 12 (2009) 335–339.
- [5] Low D. K. Y. et al: Characteristics of spatter formation under the effects of different laser parameters during laser drilling. Journal of Materials Processing Technology, 118 (2001) 179–186.

A Miskolci Egyetem hírei

• 2018. július 2–6. között hetedik, nyolcadik osztályos tanulók számára szervezett tábor a „Csodálatos Anyagtudomány” címmel európai uniós forrásból a Műszaki Anyagtudományi Kar. A táborvezető *Roneczné Ambrus-Tóth Judit* volt. Az anyagtudományi táborban a szakma széles palettájával ismerkedhettek meg a 13–14 éves gyerekek. A programok során felkeresték a kar intézeteit, ahol laborprogramokkal és kreatív foglalkozásokkal várták őket. Kirándulás keretében pedig meglátogatták a Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum Kohászati Gyűjteményének Kohászati és Massa Múzeumát is, ahol szabadtéri programmal várták őket a szervezők.

• 2018. augusztus 31-i nyilvános ünnepi Egyetemi Szenátusülésen a Műszaki Anyagtudományi Kar Kari Tanácsának javaslatára a Miskolci Egyetem Szenátusa

– 1948-ban a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Bánya-, Kohó- és Erdőmérnöki Karán Sopronban kohó-

mérnöki oklevelet szerzett egy kolléga részére posztumusz rubinoklevelet,

– 1953-ban a Rákosi Mátyás Nehézipari Műszaki Egyetemen kohómérnöki oklevelet szerzett hét kolléga részére vasoklevelet,

– 1958-ban a Nehézipari Műszaki Egyetemen kohómérnöki oklevelet

szerzett 13 kolléga részére gyémántoklevelet, egy kolléga részére posztumusz gyémántoklevelet,

– 1968-ban a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen kohómérnöki oklevelet szerzett 39 kolléga részére aranyoklevelet adományozott.

Az ünnepségen személyesen hárman vasoklevelet, hatan gyémántoklevelet, harmincan pedig aranyoklevelet vettek át (*1. képek*).



■ Az ünnepi szenátusülés elnöksége



■ Képek a díszoklevél-átadó ünnepségről

• Egyetemi kitüntetések és a nemzeti felsőoktatási ösztöndíjakat szimbolizáló okleveleket adtak át a 2018. szeptember 7-én a Miskolci Egyetem díszaulájában tartott nyilvános ünnepi szénátusülésen, de a rendezvényen a 2017/2018-as tanév alatt elhunyt egyetemi polgárokról is megemlékeztek.

A díjazottak a következők:

Nemzeti Felsőoktatási Ösztöndíj a 2018/2019. tanévre: *Síkora Emőke*.

A Miskolci Egyetem címzetes egyetemi docense: *Kondás Béla*, érdemes oktatója: *dr. Viskolcz Béla*, Kiváló Kutatója: *dr. Benke Márton*, Kiváló Dolgozója: *Balázdsdi-Szabó Gabriella*, rektori dicséret: *dr. Koncz-Horváth Dániel*, rektori dicséret: *Mende-Tokár Monika*, kancellári dicséret: *Zsarnainé Gáthi Gabriella*.

• A 2018/19-es tanév őszi szemeszterére a korábbi évekhez hasonló létszámban vettek fel hallgatókat:

anyagmérnök BSc:

34 nappali, 12 levelező;

anyagmérnök MSc:

5 nappali, 17 levelező;

kohómérnök:

1 nappali, 3 levelező.

• A nyári felvételi időszakban a kar 10 partnervállalata összesen 16 elsőéves anyagmérnök BSc-hallgatót vett fel duális képzésre, ezzel a Műszaki Anyagtudományi Karon négy évfolyamot tekintve 25 cégnél összesen 65 hallgató tanul duális formában.

A felvételt nyert hallgatók 2018. szeptember 14-én a MAK Káldor Mihály-termében ünnepélyes keretek között írták alá szerződésüket a számukra gyakorlati jártasságot adó vállalatokkal.

Az elsőéves hallgatókkal szerződést kötő partnervállalatok: BC-KC Formalin Kft. (Kazincbarcika); BorsodChem Zrt. (Kazincbarcika); DYNEA Hungary Kft. (Kazincbarcika); Ecseri Kft. (Cegléd); Industrial C&S Hungary Kft. (Ózd); ISD DUNAFERR Zrt. (Dunaújváros); Joyson Safety Systems Hungary Kft. (Miskolc); NEMAK Győr Alumíniumöntőde Kft. (Győr); ÓAM Ózdi Acélművek Kft., Ózd; Sicta Kft. (Felsőzsolca).

• 2019. szeptember 1-től vegyész-mérnök BSc-képzés indul a Műszaki Anyagtudományi Karon, a megye vegyipari cégeinek a támogatásával, együttműködésével (BorsodChem, Kiss Cégcsoport, MOL Petrolkémia, I. külön beszámoló).

• 2018. szeptember 3–6. között „Solidification and Gravity” címmel nemzetközi kristályosodási konferenciát szervezett a MAK FKN Intézet MTA Anyagtudományi Kutatócsoportja. A témában hetedik alkalommal rendezett konferenciára 18 országból 80 szakember érkezett Miskolcra, hogy bemutassa eredményeit.

• A Soproni Egyetem Erdőmérnöki Karának évnitóján a Miskolci Egyetemet *prof. dr. Torma András* rektor mellett *prof. dr. Szűcs Péter*, a Műszaki Földtudományi Kar dékánja, valamint *dr. Mende Tamás*, a Műszaki Anyagtudományi Kar dékánhelyettese képviselte.

• A miniszterelnökséget vezető miniszter és az emberi erőforrások minisztere kiemelkedő színvonalú munkája elismeréseként Magyar Érdemrend Tisztikereszt polgári tagozat kitüntetést adott át *prof. dr. Palotás Árpád Bence*, a Magyar Tudományos Akadémia doktora, a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának dékánja, az Energia- és Minőségügyi Intézet intézetigazgató egyetemi tanára részére.

Mende Tamás

Vegyésszmérnök alapszak indul a Miskolci Egyetemen

A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán 2019 szeptemberétől vegyésszmérnök alapszak indul. Az új képzés indítását Borsod-Abaúj-Zemplén megyében, a vegyipar fellegrárában, a sikeres vegyipari vállalatok – a Wanhua-BorsodChem, a MOL Petrolkémia Zrt., illetve a Kiss Cégcsoport – példaértékű összefogása tette lehetővé, hiszen a cégek számára egyértelmű, hogy a versenyképesség folyamatos fejlesztéséhez megfelelő szakember-utánpótlás szükséges.

Az új alapképzést duális formában is választhatják az ide jelentkezők. A munkaerőpiacra lépő frissdiplomások – nem megalapozatlan – félelme, hogy a cégek azonnal használható gyakorlati tudást várnak el egy-egy állás betöltéséhez, ez a képzési for-

ma azonban választ ad erre a problémára is, hiszen ennek keretében teljesülhet a „Friss diploma, több éves szakmai gyakorlattal” elvárás. Az új képzéshez kapcsolódóan a kar több iparvállalattal is készített elő duális szerződéseket.

2018. október 15-én az új képzés indításáról sajtótájékoztatót tartottak az Egyetemen.

Kiss László, a Kiss Cégcsoport vezetője elmondta: a Sajóbáonyi Vegyipari Park területén jelentős finomvegypari tevékenység folyik. A KIS-CHEMICALS Kft. több éve tartó növényvédőszer hatóanyag- és intermediér-gyártó tevékenysége megteremtette azt az alapot, melynek révén a társaságnál jelentős kémiai és kémiai-technológiai kutatások indulhatnak el az új termékek kifejlesztése irányába.

Ehhez a munkához korszerű szemlélettel és magas szintű tárgyi tudással bíró fiatal munkatársakra van szükség. A Kiss Cégcsoport évek óta támogatta a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán a vegyésszmérnöki képzés bevezetését, 2017 februárjában megalapította az egyetem Kémiai Intézetében a karral közösen a Finomvegypari és Környezettechnológiai Tanszéket. A tanszék nevéből is következik, hogy nemcsak a finomkémikáliák fejlesztése áll a fókuszban, hanem jelentős erőket kíván az új, korszerű hulladékgazdálkodási technológiák kifejlesztésére is fordítani.

A MOL Petrolkémia Zrt. és a Miskolci Egyetem között erős, évtizedekre visszanyúló a szövetség. 2008-ban kezdte meg működését a Petrol-

kémiai Technológia Intézeti Tanszék az egyetemen. A két intézmény közötti partnerség lehetőséget teremt a fiataloknak arra, hogy az egyetemen megszerzett elméleti tudásukat gyakorlati tapasztalattal egészítsék ki. Idén négy vegyipari gépész specializáción tanuló hallgatóval kötött duális szerződést a cég, és ezt a képzést folyamatosan kívánja indítani keresztféléves kezdésekkel, éppen ezért 2015-ben, amikor először felmerült a miskolci vegyészmérnök alapképzés indításának gondolata, a MOL Petrolkémia odaállt a kezdeményezés mellé – mondta a rendezvényen Dési

Viktória, a MOL Petrolkémia Üzleti Támogatás vezetője.

A BorsodChem a vegyészmérnök-képzés akkreditációját a cég és az egyetem Műszaki Anyagtudományi Kara közötti sikeres együttműködés újabb mérföldköveként könyveli el. A most induló vegyészmérnök alapképzés lehetőséget nyújt a Wanhua-BorsodChem számára, hogy a képzés éve alatt a hallgatóknak nyújtott lehetőségekkel és a velük folytatott együttműködéssel olyan kapcsolatot alakítson ki a leendő vegyészmérnökkel, amely elkötelezetté teszi őket a BorsodChem, és ez által a térség

gazdasági fejlődésének és sikerességének előmozdítása iránt. A duális képzés keretében a vállalat tapasztalt szakembergárdája olyan gyakorlati képzést tud adni az egyetemen folyó elméleti oktatáshoz, amely alkalmasá teszi a hallgatókat akár a BorsodChemnél a közeljövőben megvalósuló kapacitásbővítő és új termelő egységeket létrehozó beruházások működtetésére, akár az azokhoz kapcsolódó kutatás-fejlesztési feladatok ellátására – nyilatkozta a BorsodChem HR és kommunikációs igazgatója, Varga Béla.

Mende Tamás

MultiScience – XXXII. microCAD konferencia

A Miskolci Egyetem ez évben 2018. szeptember 5–6. között 32. alkalommal rendezte meg a hagyományos nemzetközi multidiszciplináris konferenciáját MultiScience – XXXII. microCAD elnevezéssel. Az esemény minden évben jelentős külföldi és hazai érdeklődést is kelt, hiszen elérhető lehetőséget ad a Miskolci Egyetem akkreditált tudományterületein tevékenykedő miskolci, illetve távolabbi kutatóknak – és köztük nagy számban a PhD-hallgatóknak – az eredményeik bemutatására, megvitatására, valamint a szakmai és emberi kapcsolataik erősítésére. A konferenciának külön célja a Miskolci Egyetemen teljesült nagy jelentőségű TÁMOP, illetve a folyó GINOP, EFOP és H2020 projektekkel is támogatott tudományos műhelyekben elért kutatási eredmények széleskörű bemutatása és terjesztése.

A nemzetközi tudományos konferencia nyelve kizárólag az angol volt. Új lehetőségként, a bírálók által kiválasztott cikkek megjelentetésére a Miskolci Egyetem által kiadott nemzetközileg indexált folyóiratokban is mód nyílt, a konferencia CD- és online archívum formákban elérhető kiadványa mellett.

A tudományos program

2018. szeptember 5-én plenáris üléssel kezdődött, melyen a Miskolci Egyetem rektorhelyettese a „The use of aqueous solutions and electrons to obtain pure Sn, Cu and Fe from waste materials”, valamint egy nemzetközileg is elismert miskolci oktató-kutató kolléga a „Citizen observatory – a new approach of environmental monitoring” című előadást tartotta meg először. A konferencia ezt követően az alábbi szakterületek szimpóziumaiban folytatta munkáját:

- Fenntartható természeti erőforrás-gazdálkodás;
- Alkalmazott anyagtudomány és nanotechnológia;
- Mechatronika és logisztika;
- Innovációs gépészeti tervezés és technológiák;
- Állam- és jogtudomány;

- Az innovatív termelészolgáltatás és intézményi működés kihívásai az információs társadalomban;
- Bölcsész- és társadalomtudomány;
- Egészség- és orvostudomány

A szekciókban elhangzó 81 előadásból 11-et külföldi előadó tartott Algéria, Ausztria, India, Lengyelország, Németország, Románia képviselőiben. Emellett kilenc előadást magyarországi intézményekből, valamint 61 előadást a Miskolci Egyetemről jelentkező előadók tartottak.

A találkozó kulturális és kísérő rendezvényei közé tartozik a gálaest és díszvacsora, ahol a külföldi résztvevők találkozhattak az egyetem és a karok vezetésével, valamint a szekciók elnökeivel és titkáiraival. Ugyanitt nyílt lehetőség a szakmai együttműködést segítő személyes kapcsolatok építésére kötetlenebb formában is. Az eseményt a Miskolci Egyetem „Happy Metal/Material” zenekarának tematikus műsora is színesítette közismert külföldi és magyar zenészműveknek a tudomány, kutatás, az egyetem témáira átdolgozott változatait előadva modern stílusban.

Kékesi Tamás



■ A résztvevők a Happy Metal/Material műsorát hallgatják

Interjú dr. Tolnay Lajossal, egyesületünk tiszteleti elnökével



Egy hetvenéves életút összefoglalóját hol kezdenénk máshol, mint a családi indítatásnál...

Mindkét ágon több generációs értelmiségi (jogász, orvos) családból származom, akik a világháború következtében szinte mindenüket elveszítették. Az anyai ág máramarosszigeti, apámat Debrecenből szolgáltatta el a háború. Miután apám 1945 végén a hadifogságból hazajött, orvosként Sajószentpéteren biztosítottak számára elfogadható munka- és lakáskörülményeket, én itt jöttem világra 1948. szeptember 27-én.

Hogy emlékszel a gyermekéveidre?

Sajószentpéteri gyermekkorom maga a tündérkert volt és marad számomra. A beilleszkedés tökéletesen sikerült, szerettem itt lakni és iskolába járni. Pezsgő élet folyt a virágzó nagyközségben, a hegyi pincékben is, ahova apám rendszeresen feljárt. Jó baráti társaság gyűlt össze, az értelmiség, élén a helyi orvosokkal összetartott. Bennem mély nyomot hagyott a komoly hitélet, a protestáns nevelés, *Perjési László* tiszteletes urat nagyon szerettem. Az ország egyik legszebb templomába járhattam. Sokat kirándultunk, a magyar dalokat, nótákat akkor kedveltem meg, hét évig tangóhar-

Dr. Tolnay Lajos egyesületünk 10 éven át volt elnöke – azóta tiszteleti elnök – küzdelmes és változatos pályafutása során szeptemberben töltötte be a hetvenedik évét. Az OMBKE és a BKL Kohászat ajándékának szánva a portrét, őt mutatjuk be most olvasóinknak. Tiszteleti elnökünkkel Hajnal János okl. kohómérnök és Kiss Barnabás okl. vegyipari gépészmérnök beszélgetett.

monikáztam, de idő hiányában ez abamaradt. Ezekre az évekre szívesen emlékezem. Miután Erdélyben több településen éltek rokonaink, gyakran látogattuk őket. Szüleim nyolcéves koromtól vittek magukkal a kalandos, átszállásokkal teli utazásokra. Megismertem és megszerettem Erdélyt, amelyet második hazámnak tekintek.

Tízéves voltál, amikor a család Miskolcra költözött.

Ez hirtelen nagy váltást jelentett számomra. A Szeles úti iskola kiváló sportolási lehetőségekkel, aktív diákélettel, sok szakkörrel várt. Nagyon érdekelt a történelem és a régészet, a jó hírű Földes Ferenc Gimnáziumban tanultam tovább, az akkori legerősebb osztályban.

Apai nagymamánk meghívására 1965 nyarán kijutottam Amerikába, ez későbbi életemre is kihatott: rájöttem, hogy a latin és az orosz nyelvvel sem mire nem megyek. A nővérem kint maradt, én hazajöttem, és egyedül megtanultam angolul.

Aztán a Dudujka-völgybe költöztél.

A gimnáziumban végig kitűnő tanuló voltam, de még mindig nem alakult ki, mi szeretnék lenni. Helyben akartam maradni, a kémia érdekelt, adott volt a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Kara. Az első két évben a középiskolában elkezdett atlétizálásra koncentráltam, a DVTK dobóatlétájaként gerelyhajításban az utánpótlás válogatottságig jutottam. Amikor a gerinc sérülésem miatt abba kellett hagy-

nom, az MVSC-ben vízilabdáztam és egyre jobban tanultam. Nagyon szerettem az ipargazdaságtant (később tanítottam is), a vas- és fémkohászat szaktárgyat, nekiláttam az angol szaknyelv és a német nyelv elsajátításának is. Az egyetemen a kohászok és bányászok között erősen éltek a selmeci hagyományok. Már akkor megértettük a hármas cél: a szakmaszeretet, a hazaszeretet és a barátság fontosságát. Bár nem voltam kollégista, időm nagy részét az Egyetemvárosban töltöttem. No meg a közeli Tapolca strandján. Az államvizsgára három hétig készültem, meglett az eredménye, minden szigorlatom és a szakdolgozatom jeles lett.

Mindez alapja lett egy sikeres pályafutásnak, amelyről legtöbben álmodozni sem mernek.

1971-ben diplomával a zsebemben az LKM fiatal mérnök gyakornokaként folyamatos váltóműszakban kezdtem, fél év után levizsgáztam, acélgyártó lettem, 1973-ban műszakos üzemvezetőnek nevezték ki.

Vályi Péter miniszterelnök-helyettes tragédiája elindította a Martin-acélmű rekonstrukcióját, ez a pályámon is alapvető változást hozott. 1976-ban angol nyelvvizsgát (németet 1985-ben), a „Közgáz” külkereskedelmi szakán mérnök-közgazdász végzettséget szereztem. Majd a beruházás koordinációs osztályán csoportvezetőként, később főosztályvezető-helyettesként az új acélmű építését koordináltam 1982-ig. A beruházás hatalmas iskola

volt. Itt tanultam meg szervezni, tárgyalni, ellentétes érdekeket összehangolni, váratlan helyzetekre reagálni. Nemzetközi kapcsolatokat építettem ki, legtöbbször a német ipari kultúra adta számomra. A beruházás hatéves tapasztalatait a közgazdaságtudományi egyetemi doktori disszertációmban összegeztem.

1982-ben kineveztek az acélmű főmérnökének, a kezdeti nehézségek után másfél év alatt elértük a beruházási alapokmányban lefektetett termelési számokat, és sokat javult a termékminőség is. Kifejlesztettük a kis karbontartalmú saválló acél gyártástechnológiát, és a golyóscsapágyacélokban is világszínvonalú minőséget értünk el.

Drótos László vezérigazgató önálló kereskedelmi igazgatóságot hozott létre, amelynek élére 1983 májusában igazgatónak nevezett ki. Pályázat alapján, ami akkor újszerűnek számított.

Majd felkértek, hogy 1985 őszétől legyek a gyár műszaki igazgatója. Ekkor kerültem kapcsolatba a Magyar Gazdasági Kamarával, és tagja lettem a megyei tanács végrehajtó bizottságának is.

1989. január 1-től az ország egyik legnagyobb, és legnehezebb helyzetben lévő vállalata, az LKM vezérigazgatója lettem. A kinevezés váratlanul ért, 40 éves voltam, és az ózdi Lotz Ernő után a második, aki már nem pártfunkcióból került ilyen pozícióba. Pedig abban a régi világban mindent a politika befolyásolt, vagy döntött el. Később ez megváltozott, de manapság újra erős szava, szerepe lett.

Milyen képességek kellettek ahhoz, hogy felértél a csúcsra?

Szakmai tudás mellett a szorgalom, szívósság, kitartás, a nehéz helyzetek vállalása. Nem siránkoztam végzés után 1800 Ft havi fizetéssel az irodákban, hanem négy évig váltóműszakban, a szakmából tízszer annyit tanulva, tapasztalva többszörösét kerestem. Egy éjszakai műszakban az új kemencefalazatot ellenőrző üzemvezetőt kísérő osztrák mérnöknek németül mondtam el a tapasztalatokat. Később a technikus végzettségű, idegen nyelvet nem beszélő üzemvezetőnek megjegyezte: „pazarol ez az ország, hogy ilyen emberek váltóműszakban termelést irányítanak”. Kellett tehát a

két nyelv ismerete, nyitottság, a minden területen újra, korszerűre, minőségre törekvés, a lényegest a lényegtől megkülönböztetni tudás, és az ösztönös vezetői képesség is, mert vezetőképzőre sosem jártam.

Gondoltad akkor, milyen nagy terhet veszel a válladra?

A kohászat nemzetközi válsága mélyült, megszűnt a dollárelszámolás a Szovjetunióval, az alapanyag- és energiaárak ugrásszerűen növekedtek. Az 1990-es évet tetemes veszteséggel zártuk, válságmenedzselést folytattunk.

Az év szeptemberében felkértek az Ipari Minisztérium közigazgatási államtitkári posztjának betöltésére, én azonban hittem abban, hogy a politika sem engem, sem Diósgyőrt nem hagyja cserben, visszautasítottam az ajánlatot. Szent meggyőződésemm volt, hogy az LKM megmentése a feladatom.

Miért nem sikerült? Az 1990-es új Társasági Törvény alapján létrejött a DIMAG Rt.-nél a korszerű technológia fogadására alkalmas egységeket többevonással önállósítottuk. Az acélműbe, a folyamatos acélöntőműbe amerikaiak fektettek be, az elektro- és nemesacélműbe németek, de nem sikerült a kétféle szemléletet harmonizálni. A legnagyobb probléma mégis az volt, hogy az akkori politikai vezetés nem vállalta fel a több ezres létszám hirtelen leépítését.

A privatizáció során egy olyan társaság kezébe kerültek a részvények, amely nem működtetni akarta a gyárat, hanem a vasérc-szállításon keresztül próbált üzleti érdekeket érvényesíteni. Emiatt 1992 tavaszán, több mint 21 évi kohászati szolgálat után benyújtottam a lemondásomat. Nem fogadták el, fegyelmivel akartak elbocsátani, hogy ne kaphassak végkielégítést. Fegyelmi nem lett belőle, de többéves pereskedés igen.

Az LKM magánosításának legnagyobb vesztesei a munkavállalók voltak...

Én is nehéz helyzetbe kerültem, de nekem jött a „mentőőv”: *Horváth István*, a Dunaferri Dunai Vasmű vezérigazgatója felkért a Dunaferri Kereskedőház Kft. ügyvezetői feladatainak ellátására. Később a felajánlott rendkívül előnyös hároméves szerző-

dést megköszönve, mégis befejeztem gazdasági partnerségemet az állammal.

Ekkor érkezett el az idő a rég vágyott szellemi és anyagi függetlenség megteremtésére?

Előbb a szerkezetátalakítás finanszírozására létrejött a Magyar Befektetési és Fejlesztési Bankban mint kamarai elnök, és ipari tapasztalattal bíró vállalati vezető, igazgatósági tag lettem (1991–1993), 1994-ben miskolci kötődésemm alapján az Észak-magyarországi Rákóczi Regionális Bank elnökének választottak.

Gazdasági-pénzügyi tanácsadó kft.-t alapítottam, és érdeklődésemet felkeltette a privatizáció. Jöttek kudarcok, sikerek. Első komolyabb eredményünk, hogy 1994-ben közel egymillió forintért megvásároltuk az Oroszázi Öblösüveggyárat, és reorganizálva nyereségessé tettük. Ma üvegiparunk vezető cége. Mindeközben egészen 2000-ig elnöke voltam a Magyar Kereskedelmi és Iparkamarának.

1995-ben még egy megtisztelő feladat várt rám, alapító elnöke lettem a Nemzeti Akkreditáló Testületnek (NAT), amely az ország kizárólagos jogú nemzeti akkreditáló szerve lett. Öt éves elnökségem alatt a feltételek megteremtése (szervezeti, működési szabályozás, akkreditáló laboratóriumok, szakértői kör, taglétszám és székház) mellett sikerrel kapcsolódunk a szakág nemzetközi vérkeringésébe. (A NAT önkéntes tagságon alapuló köztestület volt, ma már állami költségvetési szervezet, illetve hatóság.)

1995 végén végre visszatérhettem az eredeti szakmámhoz: az Inotai Alumínium Kft. megvásárlására adtunk be pályázatot, megnyertük egy norvég-szlovák konzorciummal szemben, én lettem az ügyvezető vezérigazgató. Majd 1997 végén az Ajkai Timföldgyár (adósságteher-mentesítés utáni) privatizációjában is – jelentős foglalkoztatási, környezetvédelmi, fejlesztési kötelezettségek vállalása mellett – a minden pontban jobbnak bizonyult Magyar Alumínium Kft. pályázatát hirdette ki győztesnek az ÁPV Rt. Létrehoztuk a Magyar Alumínium Rt.-t (MAL), amelynek kezdettől igazgatósági elnöke lettem. A Társaságcsoporthoz az 1995–98-as időszakban lezajlott

privatizáció, illetve a 1998 és 2002 közti zöldmezős fejlesztések után az egykori, tartósan veszteséges állami cégekből nemzetközi összehasonlításban is hatékony részvénytársasággá vált. Európa harmadik legnagyobb speciális tímőldgyárát üzemeltették. 1800 embernek tudtunk munkát biztosítani a térségben. Németországban, Romániában, Szlovéniában, Boszniában és Montenegróban is létrehoztunk leányvállalatokat, és Németországban egy magyar multinacionális céget is, magyar leányvállalattal, a nyugat-európai kereskedelem fejlesztésére.

Ekkor következett be az iszapkatasztrófa, és a legnagyobb sikered egy pillanat alatt a múlté lett.

Erről – érthetően – még ma is nehéz beszélnem. Minden elveszett, csak a munkahelyek egy része, s a legjobb termékek maradtak meg, amelyek ma, az új tulajdonosok alatt is megőrizték export- és versenyképességüket. (2013 óta a cég felszámolásban, állami reorganizációs szervezet irányítása alatt működik.)

A politika minket jelölt ki felelősnek, a védekezésnek esélye sem volt, a talpon maradásban nem segítettek, csak hogy a tulajdonunk elvesszen. Az anyagi veszteség ilyenkor magától értetődő („a tulajdon kötelez”), nem is ez bántott igazán, sokáig fájt, hogy a tervezés-telepítés-építés hibáit, és az állami szereplők (engedélyező és ellenőrző hatóságok) mulasztásait elhallgatták. Mint néhány hete a cég egykori lakatosa is mondta nekem: „na, magukkal elvitették a balhét, a mások hibái miatt...”. A felháborodás életünk irányították, s bár egy jelentős exportáló magyar tulajdonú cég voltunk, mégsem engedték, hogy az állami bankok átmeneti hitelt nyújtsanak számunkra.

Nos a gazdasági tevékenységed után váltstunk, mivel ez egy BKL-es riport, az egyesületi tevékenységed sem hagyjuk szó nélkül.

Az egyesületnek 1966-tól, már kezdő egyetemistaként tagja lettem. A Magyar Kereskedelmi és Iparkamara elnöki posztjáról 2000 őszén köszöntem le. Az OMBKE tisztújító közgyűlése erre az időszakra esett, s korábbi megkeresésükre ezúttal igent

mondtam. Az egyesület fennállásának százéves múltját mélypontok és szép időszakok egyaránt jellemezték. A második évezred fordulóján egyre nehezebbé vált a működése, amin javítanunk kellett. Filozófiát váltottunk a gazdálkodásban. Megszüntettük az egyesülethez méltatlan gyakorlatot, hogy ennyi meg annyi milliós veszteséggel zártuk az évet...

Az „addig nyújtózkodj amíg a takaród ér” elvet vezettük be. Nagyobb figyelmet szenteltünk a költségekre, és igyekeztünk mind nagyobb bevételt generálni. Végül is az egyesület vezetőivel és a tagsággal közösen eredményeket értünk el. A tagdíjfizetési morál jelentősen javult. A patronáló vállalatok körét jelentősen bővítettük, sok kis- és középvállalattal, sőt több multinacionális céggel is szót értettünk. Egy olyan rendszert alakítottunk ki, amely szerint az egyesület vezetésének feladata a menedzselés, a feltelek biztosítása. Az egyesületi munka a szakosztályokban és a helyi szervezetekben folyik.

Ahol „kiment” az ipar az egyesület alól, ott sikerült az önkormányzatokra – például Miskolcon és Tatabányán – áttenni a finanszírozás egy részét. Cserében a városok egy közösségformáló egyesülettel erősítik magukat. Mivel mind inkább hiányzik a kohézió és a szolidaritás a magyar társadalom tagjaiból, ennek újjáépítését az egyesület is segíti.

10 éves elnökséged alatt jelentős változások álltak be a nemzetközi kapcsolatok vonatkozásában is.

Ikt két területre helyeztük a hangsúlyt. Ezek korábban is megvoltak, de a mi időnkben markánsabbá vált az együttműködésünk az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társasággal, akikkel közösen minden év tavaszán megrendezzük a Bányászati-Kohászati-Földtani Konferenciát Erdély különböző városaiban. Ezen alkalmakkor tagjaink megismerkedhetnek a történelmi Magyarország egy-egy határon túli kisebb régiójával is.

A hagyományörzés, hagyományápolás elsődleges színtere a Selmechányai Szalamander, amely a fiatalok számára is vonzó. Sikerült javítani az együttműködést a selmechányai városvezetőkkel, a polgármesterrel és más szlovák vezetőkkel. Sok évi küz-

delemmel elértük azt, hogy restaurálhattuk és felállíthattuk az Óvárban a Honvéd-szobrot, és az OMBKE megalkulásának emlékére magyar és német nyelvű táblákat helyezhettünk el az Akadémia falán, amely helyek egykori professzorainknak az ősi temetőben helyreállított sírjaival együtt ma már a szakma kultikus helyei.

És ezen a ponton ne feledkezzünk meg arról, hogy a Miskolci Egyetem segítségével sokat tettünk azért, hogy a végzős egyetemi hallgatók „ne tűnjenek el a képből”. Bár ezen a téren van még tennivaló. A tagság átlagéletkora hatvan év fölötti, de azért szép számmal vannak főiskolások és egyetemisták is közöttünk.

A gazdálkodás, a nemzetközi kapcsolatok és a hagyományápolás eredményein túl mennyiben tudtatok hatni a hazai bányászat és kohászat életképességére?

Elnöklésem alatt készítettük el a „Fenntartható fejlődés feltételei az európai bányászatban és kohászatban” c. tanulmányt, amelyet eljuttattunk az Európai Parlament és a Magyar Országgyűlés képviselőihez. Az összeállítás tartalmazza a hazai bányászat és kohászat életképességének és stabilizálásának javítására vonatkozó javaslatainkat. Azóta is ez a dokumentum képezi egyesületünk szakmai tevékenységének fő vonalait. Az egyesület életében – de a háború utáni működésében biztosan – engem ért az a megtiszteltetés, hogy a leg-hosszabb ideig lehettem elnök. Háromszor választottak meg, alapszabályt is kellett módosítani ennek érdekében.

Az OMBKE élén egy íratlan szabály szerint bányász elnöknek kellett átadnom a stafétabotot. Így esett a választás Nagy Lajosra, akit azóta két sikeres ciklus után ismét kohász elnök követi Hatala Pál személyében. Leköszönésemkor, a 2010-es pécsi közgyűlésen pedig örökös tiszteleti elnöknek választottak.

Életutad során jelentős szponzora voltál úgy a hazai felsőoktatásnak, mint a különböző műszaki-kulturális rendezvényeknek, az OMBKE-nek és célzottan a lapunknak is...

Közreműködtem az akkreditált kohómérnök képzés tananyagának kidolgo-

zásában, egy-egy szakterület oktatási tananyagának fejlesztésében, néhány kiemelkedő képességű hallgató és doktorandusz anyagi támogatását mindig is fontosnak tartottam. A balatonfüredi Clean Steel Konferenciák rendszeres előadójaként szerepeltem. A MAL Zrt.-n keresztül is támogattuk a Miskolci Egyetem esz-
közfejlesztéseit és az ott folyó kutatásokat, csakúgy, mint a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, a Veszprémi Egyetem kutató tevékenységét.

Anyagilag segítem a Miskolci Egyetemen a kohómérnök-képzést, a hallgatói önkormányzatok tevékenységét, hallgatók külföldre utazásait, az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság éves konferenciáján és a selmezbányai Szalamander ünnepen való részvételüket.

A Rákóczi Szövetséget elmúlt 15 évben jelentős összeggel támogattam, s támogatom ma is a határon túli magyarság ügyét. Az OMBKE támogatása pedig természetes volt.



■ Dr. Tolnay Lajost 2018. október 1-jén a Fémkohászati Szakosztály rendkívüli ülésén barátaival és kollégáival együtt ült.

Mindezekért, no meg az elért gazdasági tevékenységed alapján milyen elismerésben részesültél?

A magyar iparért végzett munkámért 1984-ben megkaptam a Munka Érdemrend ezüst fokozatát, majd 1998-ban az Eötvös Loránd-díjat. 2007-ben pedig a felsőoktatás és az innováció támogatásáért a Kármán Tódor-díjat. A Miskolci Egyetem Pro Universitate kitüntetéssel ismerte el tevékenységet. Az OMBKE több egyesületi emlékérem adományozását követően

tiszteleti tagjai sorába választott, és ma már a tiszteleti elnöki címet is viselem.

Összességében elégedett vagy pályafutásoddal?

Mivel politikussá (kísértések ellenére) nem lettem, szakmában, amit lehetett, elértem. Így elégedett és ezen a területen ma is aktív vagyok. Kiseb, de jól működő szakmabeli cégeket vezetek. Amíg Isten erőt, egészséget ad, dolgozom, persze nem úgy és annyit, mint korábban. Nem is tudnék mást elképzelni.

Életművednek milyen tanulsága van mások számára?

Tanulság az én küzdelmes, de szép életemből talán annyi, hogy mindig a nehezebb, fáradtságosabb utat kell járni. Nem teltetlen gyorsan (ezért ez ma nem túl jól cseng!), de végül megéri. A mai fiatalok (mint az én négy, diplomás gyerekeim is) pedig tanuljanak nyelvet, könnyebben boldogulnak.

Születésnapod alkalmából erőt és egészséget kívánva köszönjük a beszélgetést.

Emlékeztető a 2018. szeptember 12-i OMBKE választmányi ülésről (kivonat)

Az ülést dr. Hatala Pál OMBKE elnök vezette le. Jelen volt 17 fő választmányi tag, így az ülés határozatképes volt. Tanácskozási joggal meghívottak száma 13 fő volt.

Napirend előtt dr. Hatala Pál átadta dr. Havelda Tamásnak a Péch Antal emlékérmét, amit a kitüntetett akadályoztatása miatt a legutóbbi küldöttgyűlésen nem tudott átvenni.

Az első napirendi pont az új választmányi tagok rövid bemutatkozása volt: dr. Hatala Pál, dr. Szabados Gábor, Törő György, ifj. Ősz Árpád, Mende-Tokár Monika és Hideg József.

Ezután dr. Gagy Pálffy András ügyvezető igazgató tájékoztatta a választ-

mányt, hogy a bíróság nem kifogásolta a küldöttgyűlés jegyzőkönyve alapján az egyesület vezetőségében történt személyi változásokat, de kérte hiánypótlásként az összes választmányi tag és ellenőrző bizottsági tag összeférhetetlenségi nyilatkozatát.

A 108. küldöttgyűlés határozataiból eredő feladatok végrehajtásáról számolt be Körösi Tamás főtitkár előterjesztése alapján dr. Gagy Pálffy András. Ezek végrehajtásának koordinálására a választmány kijelölte a felelősöket.

Ezt követően az ügyvezető igazgató az OMBKE pénzügyi helyzetéről adott tájékoztatást. 2018. első féléves

gazdálkodásának eredményeit bemutató írásos anyagot az résztvevők előzetesen megkapták, ami + 3777 E Ft-ot mutatott, de közölte, hogy figyelembe kell venni, a BKL nyomdaköltség-számlájának későbbi megérkezése kb. 1500 E Ft-tal csökkenti az eredményt. Az egyéni tagdíjknál a tervhez képest 81% az eredmény. A jogi tagdíjknál és támogatásoknál a tervhez képest több mint 1500 E Ft az elmaradás, de két helyről még (Dunaferr, MOL) jelentős összeg várható. A közös költségeknél a kiadások időarányosan teljesültek és nincs kifizetetlen számla.

A főtitkár (aki egyéb elfoglaltsága

miatt nem tudott megjelenni) előterjesztését a választmányi bizottságok megbízására az ügyvezető igazgató ismertette. A javaslatot a választmány egyhangúlag, a következők szerint hagyta jóvá:

Alapszabály Bizottság:

dr. Lengyel Károly

Szakmatörténeti Bizottság: Tóth János

Iparpolitikai Bizottság: dr. Gál István

Etikai Bizottság: Erős György

Tiszteleti tagok és szeniorok tanácsa:

dr. Tardy Pál

Kiadói Bizottság: dr. Szabados Gábor
Az Ifjúsági Bizottság vezetéséről később lesz döntés.

A bizottságok tagjaira a szakosztályok tesznek majd személyi javaslatot.

A BKL felelős szerkesztőinek megbízására szintén a főtítkárral tett javaslatot, amit az ügyvezető igazgató ismertett. A BKL Bányászat felelős szerkesztője Podányi Tibor, a BKL Kőolaj

és Földgáz felelős szerkesztője Dallos Ferencné, a BKL Kohászat felelős szerkesztője Balázs Tamás lett.

Ezt követően az OMBKE Szervező Kft. megalakítására dr. Szabados Gábor főtítkárhelyettes tett javaslatot. Ismertette, hogy az egyesület nem vehetett részt a költségvetés által a civil szervezetek részére meghirdetett pályázatokon az utóbbi években (mert az éves árbevétele meghaladta az 50 millió Ft-ot). Ezért vetődött fel, hogy a nem közhasznú tevékenység végzésére alapítható egy OMBKE-tulajdonban lévő vállalkozás. További vizsgálatokat javasolt végezni, hogy a ráfordítások arányosak-e a remélt haszonnal.

Dr. Gagy Pálffy András életkorára és egészségi állapotára tekintettel kérte felmentését, ezért dr. Hatala Pál az ügyvezetői munkakör meghirdetését terjesztette elő. Az alapszabály értelmében az ügyvezetői igazgatói tiszt-

ségre pályázatot kell kiírni. Ezt közzé kell tenni az OMBKE honlapján és a „levelező listán”, valamint a választmány emlékeztetőjével együtt meg kell küldeni a helyi szervezetek vezetőinek.

Az idei Szent Borbála-kitüntetések adományozására az ügyvezető igazgató tett javaslatot. A lehetőségek keretszámai szakosztályonként következők: Bányászati: 2 fő, Kőolaj-, Földgáz- és Vízbányászati 1 fő, Vaskohászati, Fémkohászati, Öntészeti 1-1 fő Egyetemi Osztály + Nógrádi Szervezet 1 fő.

Miniszteri elismerő oklevél 1 fő.

Ezután tájékoztatást adott az Egyesület adatkezelési szabályzatának (GDPR) közzétételéről.

Zárásként az OMBKE 2018. második félévi fő rendezvényeit ismertette.

Dr. Gagy Pálffy András jegyzőkönyve alapján összeállította BT

A Fémkohászati Szakosztály vezetőségi ülése Inotán

A 108. Küldöttgyűlést követően – így a választások után – az új ciklusban az első vezetőségi ülést az Inotai Helyi Szervezet vendégeként tartotta a Fémkohászati Szakosztály. Megtisztelve ezzel a helyi szervezetet, miután a márciusi szakosztályi választáson *Németh Tamás*, az INOTAL Zrt. gyár-igazgatóját szakosztályi alelnökké választották.

Az Inotai Helyi Szervezet két jelentős gazdasági társaság tagságát tömöríti. A 370 fős INOTAL Zrt. és 85 főt foglalkoztató Martin Metals Kft. aktív tagsággal van jelen a helyi szervezetben. A helyi szervezeti választások *Penk Márton*t, a Martin Metals ügyvezetőjét megerősítették elnöki pozíciójában, *Huszics Zoltán* több cikluson át tevékenykedő titkárt – *Szűcs Zoltán* váltotta.

A vezetőségi ülést a hivatalos és baráti üdvözléseket követően *Csurgó Lajos* szakosztályelnök nyitotta meg. Majd a helyi vezetők tartottak szakmai-műszaki beszámolókat jelenlegi helyzetükről, illetve az elmúlt időszakban megvalósult fejlesztéseikről.

Németh Tamás az általános cég-és termékismertetést követően az elmúlt időszak jelentősebb fejlesztéseit

ismertette, melyben legjelentősebb a huzalüzemi technológiaváltás volt. Huzalból 9 kt/év kapacitás mellett ma 7 kt-t gyártanak. A termékek újabb piaci igényeknek való megfelelése indukálta a fejlesztéseket, a huzalhúzó gépek mellett elsősorban a hőkezelő kapacitás korszerűsítése volt a cél. Olyan „kombi” hőkezelő kemencéket telepítettek, melyek az 500 °C körüli lágyításra és a 160 °C körüli megereztetésre egyaránt alkalmasak. A tárcsagyártás terén a korábban nagy létszámot lekötő minőségellenőrző rendszert kamerás ellenőrzésre váltották, ahol a tárcsaelosztás egyenletességének megteremtésével pókrobotok távolítják el a selejtdarabokat. Ezzel az élőlátás-megtakarítás mellett a jelentős munkaerő-fluktuációt is csökkenteni sikerült. A keskenyszalagok gyártásánál a hengerállványok vezérléscseréje történt meg. A beszámoló érdekes színteljes volt a „fecskvédelem”. A környezetvédelmi hatóságok a huzalüzem falának korszerűsítését csak a fecskék elvonulását követően, a fészkek műfészkekkel történő pótlásával hagyták jóvá.

A tájékoztató a másik házigazda, Penk Márton helyi elnök beszámolójá-

val folytatódott. Az alumíniumhulladék-piac meglepő változásairól számolt be. A gépkocsigyártásból eredő megnövekedett hulladékmennyiségek átírták a korábbi stratégiát. Persze ehhez hozzájárult, hogy a Martin Metals már nem csupán hulladék raktározó-nagykereskedő cég, de potenciális ötvözetgyártó is. Így a begyűjtött hulladékok mintegy 60%-a a megfelelő előkészítést követően másodnyersanyagként (EOW, azaz end of waste) kerül értékesítésre, míg a maradék részt saját ötvözetgyártásukhoz használják. Azonban itt is stratégiaváltás van, egyrészt a kisebb mennyiségű, de minőségileg kényesebb termékek felé tekintenek, másrészt fejlesztéseket kezdeményeztek az acélipari dezoxidációs termékek irányába. Újabb 7 t-ás olvasztó kemence mellett piramídkockát gyártó öntőláncot telepítenek, és Németországból visszavásárolták a korábban Tatabányán üzemelő granulátumot gyártó berendezést.

A következő napirendi pontban *Sándor István* szakosztályi titkárral ismertette a szakosztályi, illetve küldöttgyűlési választások eredményeit. Az „Egyebek” napirendi pont keretében *dr. Török Tamás* professzor adott tájé-

koztatót a 2021-ben esedékes EUROCOR nemzetközi konferencia hazai rendezéséről. A konferencia – melyre előzetesen 1000-1200 főt várnak – egyik főszervezője a Magyar Korrozíós Szövetség.

A kellemes és bőséges büfét követően, előbb Szűcs Zoltán vezetésével a Martin Metals ötvözetgyártó üzemének, majd *Páhi Eszter* kohómérnök szakmai vezetésével az INOTAL Huzalüzemének bejárása következett.

Összességében sikeres találkozót tudhatunk magunk mögött. Köszönet az INOTAL és a Martin Metals vezetői és munkatársai részére!

HJ

Szakmai nap Cegléden

A Fémkohászati Szakosztály Kecskeméti Helyi Szervezete és a LEAN Szakcsoport közös szervezésében Szakmai napon vettek részt az érdeklődők Cegléden a KNOTT-Technik-Flex Kft.-nél. A közel 25 fős csoportot *Balogh Tímea* PR & marketing menedzser fogadta. *Széll Pál* titkár megnyitójában megköszönte a cég vezetésének a látogatási lehetőséget és röviden bemutatta a jelenlévőknek az OMBKE-t. *Csonka László* a LEAN Szakcsoport munkáját ismertette. A gyár történetét, tevékenységét – számítógépes prezentáció segítségével – *Balogh Tímea* mutatta be. A magáncéget *Kővári Pál* alapította 1996-ban járműtengelyek és utánfutó alkatrészek gyártására. A folyamatos fejlesztések során – nyertes pályázatok segítségével – tevékenységüket felületkezeléssel bővítették. Kifejlesztették a kataforetikus mártó lakkozás

(KTL) felületbevonó eljárást. Gyártóterületet bővítettek, gépvásárlásokat eszközöltek. A felületkezelés, és az azt megelőző előkészítési műveletekbe *Nagyné Fekete Mónika* műszaki igazgató avatta be a társaságot. Üzemlátogatás előtt részletesen ismertette a kiváló minőséget biztosító bevonatolási eljárásokat, melyek nagy részét személyesen ő kísérletezte ki, vezette be. A gyárlátogatás során lehetősége volt a csoportnak működés közben megtekinteni a berendezéseket. *Nagyné* részletesen elmagyarázta a folyamat részeit: a natúr felületek védelmét, az alkatrészek felfüggesztését, a szemcseszórást, a vegyszeres zsírtalanítást, a gépi és kézi porszórás, a környezeti ártalmak ellen tett intézkedéseket.

Az Ipari Parkban felépített új forgácsoló üzemet és raktárt *Kővári Richárd* ügyvezető mutatta be a láto-

gatóknak. A zöldmezős beruházásban megvalósult fejlesztés korszerű körülmények között oldja meg az alapanyagok tárolását, a rúdanyagok darabolását, a járműalkatrészek forgácsolását. A folyamatok nyomon követését a csarnok falán elhelyezett displayen a dolgozók is láthatják. Személyes kódjuk kapcsolódik az elkészített termékhez. A minőség ellenőrzésére külön teret választottak le a csarnokból. A méretellenőrzést 3D-s szkennel végezték. Az új bázis további fejlődésre, bővítésre ad lehetőséget. Kérdések, válaszadás után *Kővári Richárd* – állófogadás keretében – vendégül látta a delegációt. Közben és utána jó hangulatú beszélgetés alakult ki mindhárom vezető és az érdeklődő csoporttagok között. A program délután a Mercedes-Benz Manufacturing Hungary Kft.-nél folytatódott.

Széll Pál

Borsodi technikátörténeti tanulmányút

Az Öntészeti Szakosztály öntészettörténeti és múzeumi szakcsoportja a borsodi szakmai kiállítások meglátogatására 2018. augusztus 14–16. között háromnapos kirándulást szervezett. A kiránduláson a szakcsoport tagjai, baráti köre vett részt. 37 tagú csoportunk vonattal utazott Miskolcra, ahonnan bérelt autóbusszal mentünk tovább.

Első utunk a diósgyőri vár közelében lévő vasgyári gyűjteményhez vezetett (1. kép). Itt az Északkelet-Magyarország Ipartörténetének Ápolásáért Alapítvány emlékházának kiállítását tekintettük meg. Kalauzunk az alapítvány kuratóriumi elnöke, *Sipos István* öntőmérnök volt. Elmondta, hogy céljuk a térség ipari kultúrájának, főként a kohászati, gépészeti és bányászati te-

vékenység dokumentációinak, egyes termelőeszközeinek felkutatása, megszerzése, a tárgyak megőrzése és a közönség részére történő bemutatása. Mindez az anyagi lehetőségek függvényében, főként társadalmi munkában történik.

Lehetőség volt arra is, hogy az érdeklődők a felújított diósgyőri várban tegyenek egy rövid látogatást.

Ezután Alsó Hámorban, az egykori Fazola-féle sáfárházban található Kohászati Múzeumot kerestük fel. Itt *dr. Harcsik Béla* múzeumigazgató fogadta a csoportot. A múzeum a hazai vaskohászat, fémművesség, főként a helyi – massai, diósgyőri – kohászat történetét mutatja be. A nyersvasgyártás termében a nagyolvasztók fejlődéstörténete látható, és meg lehet is-

merni a nagyolvasztóban lejátszódó folyamatokat is. A következő teremben az egyes acélgyártási módszereket mutatják be, a kaváró eljárástól a konverteresig. A további termekben a kovácsolás és a hengerlés történetével, a technológia fejlődéstörténetével, a gépi berendezések fejlődésével ismerkedhetnek meg a látogatók. A múzeumban sok működő makett is láthatunk. Szépek és érdekesek a régi diorámák, melyek a világ távoli országaiban a kohászat kialakulásának kezdeti műveleteit, eszközeit mutatják be.

A múzeumlátogatás után utunk az újmassai faszenes nagyolvasztóhoz vezetett. A vasolvasztónál és a múzeumban kalauzunk ismét *Harcsik Béla* volt. A múzeumlátogatások után jöle-



■ 1. kép. Csoportunk a diósgyőri emlékház előtt



■ 2. kép. Fazola Frigyes és Kiszely Gyulát Lathwesen László szakcsoporthoz méltatta

sett a szabadban elköltött finom pörkölt. Végül a szakcsoport nevében megkoszorúztuk *Fazola Frigyesnek* (1774–1849), az újmassai kohó „építőjének és a diósgyőri vasgyár fejlesztőjének” emléktábláját a múzeum falán (2. kép). Ezen a helyen emlékeztünk meg Kiszely Gyula technikatörténeusről (1911–1997), az Öntödei Múzeum létrehozójáról és igazgatójáról, akinek nagy szerepe volt abban, hogy a romos kohót restaurálták, és az az ország első ipari műemléke lett 1952-ben.

Este értünk Bogácsra, ahol kellemes környezetben, kertes panzióban volt a szállásunk.

A második napon először Rudabányára mentünk, ahol az Érc- és Ásványbányászati Múzeumot tekintettük meg. Tárlatvezetőnk *Hadobás Sándor*, a múzeum nyugalmazott igazgatója volt. A gazdag ásványgyűjteményben a jelenlegi igazgató aszszony, *Papp Andrea* tartott érdekes beszámolót. A gyűjteményben látható a közelben talált, Gabinak elnevezett *Rudapithecus hungaricus* ősmajom maradványainak másolata is.

Ezután észak felé folytattuk utunkat. Jósvafőn a szakcsoportunk egykori tagja, *Szablyár Péter* kohómérnök által alapított Jósvafői Tájháza kerestük fel. A tájház a több mint 100 éves, felújított, ún. Szakall-portán kapott helyet. Az épületegyüttes a vidékre jellemző nyeregterítés, oromfalas ház, az udvar felől faoszlopos tor-

náccal, melléképületekkel, ahol ipar- és helytörténeti kiállítás, ill. a helyi mező- és erdőgazdálkodás eszközeit bemutató gyűjtemény tekinthető meg. A tájház 2008-ban kategóriájában az év múzeuma volt.

Szablyár Péter 2013-ban hunyt el, a jósvafői temetőben nyugszik. A gömői hagyományok szerint faragott fejfájánál *Mező Arnold* jósvafői református lelkész beszélt közös munkáikról, majd itt is elhelyeztük koszorúnkat (3. kép).

Délután az 500 lakosú kis településre, Kelemérre utaztunk. A szabadságharc bukása után 1851-ig itt élt *Tompa Mihály* lelkész-költő a kápláni lakban. Az épületben – a mai emlékházban – a költő életművét bemutató állandó kiállítás látható.

Ezután a közeli GömörSZőlősrre mentünk, az egyetlen magyarországi településre, ami nevében még őrzi a történelmi Gömör és Kishont vármegye nevét. Itt a tájházat tekintettük meg.

Aznapi vacsoránkat a panzió kertjé-

ben megterített asztaloknál fogyasztottuk el, ahol senkitől sem zavartatva késő estig folyt a beszélgetés.

Utunk harmadik napján a Miskolci Egyetemen megemlékeztünk elhunyt társainkról a lélekharangnál, majd a Selmeci Műemlékkönyvtárba látogattunk el (4. kép). A könyvtárban *Kőmíves Tibor* igen részletes és érdekes tájékoztatóját hallgattuk meg. A múzeumterem polcain a könyvtár közel 7,5 ezer kötete tekinthető meg az 1735 és 1918 közötti időszakból, az 1862-es selmeci könyvtári rend szerint elhelyezve. A tájékoztató után nagy érdeklődéssel néztük végig a tárlókban kiállított könyveket, szakfolyóiratokat és ásványokat.

Utolsó programunk Mezőkövesden, az ottani Mezőgazdasági Gépmúzeum megtekintése volt. 1979-ben nyitotta meg kapuit a *Hajdu Ráfis János* több száz darabos magángyűjteményéből álló múzeum. *Kádár Zoltán* múzeumigazgató tárlatvezetésével részletes magyarázatot kaptunk a kiállított, gondosan karbantartott mezőgazdasági gépekről, gőz, gáz, benzin, petróleum és diesel üzemű robbanómotorok stabil és lokomobil változatáról, a szél és vízierő hajtotta gépekről, traktorokról (5. kép). Láthattunk a 19. század közepétől a 20. század közepéig használatos cséplőgépeket, magtisztítókat, jéggyártó berendezést, tűzoltó szivattyúkat, ekéket és számos más mezőgazdasági gépet, eszközt. Nagy örömünkre üdvözölhettük Hajdu Ráfis Jánost (86) is,



■ 3. kép. Csoportunk a jósvafői tájházba igyekszik



■ 4. kép. A Selmeci Múzeumi Könyvtár



■ 5. kép. Kádár Zoltán beindított egy régi lokomobilt

akinek nemrég jelent meg 700 oldalas naplója. Bölcs gondolataival mindannyiunknak értékes útravalót adott az idős kor értelmes átélésére.

Kirándulásunk utolsó programjaként a Kis Jankó Bori-emlékház és a

közelben lévő többi népművészeti bemutatóhelyet néztük meg. Késő délután vonattal indultunk haza Budapestre.

A csoport tagjai valamennyien köszönetet mondanak a fogadó intéz-

ményeknek, a jól sikerült, élményekben gazdag tanulmányút segítőinek és a szervezőnek, *Lengyelné Kiss Katalin* nyugalmazott múzeumigazgatónak.

SA

Selmeci Szalamander 2018

A Szalamandert és a hozzá kapcsolódó ünnepi eseményeket, megemlékezéseket az idén szeptember 7–8-án tartották Selmecbányán.

Pénteken már a reggeli óráktól folyamatosan érkeztek a magyar csoportok, s egyre többször hangzott fel a selmeci Fő utcán az örömteli Jó szerencsét köszöntés. Délután kettő felé kezdtek nagyobb díszegyenruhás csoportok gyülekezni a Piargi kapunál, mert 14:30-kor kezdődtek a megemlékezések a temetőben, a professzor síroknál.

Hálás köszönet illeti *Huszár Lászlót* és *Vargáné Katit*, akik két nappal az események előtt kiutaztak Selmecre, s mind a négy professzorsírt és környezetét szépen rendbe tették.

Dicséretes az OMBKE Egyetemi Osztály kiváló szervezése, hogy minden professzor sírnál, a koszorúzások előtt egy-egy alsóbb éves egyetemi hallgató leány mondott színvonalas méltató beszédet.

Péchy Antal sírjánál a Bányászhimnusz közös eléneklését követően koszorúkat helyeztek el az OMBKE, az OMBKE Egyetemi Osztály, az OMBKE Tatabányai Helyi Szervezete, valamint a Szent Borbála Akadémiai Kör képviselői.

Innen átsétáltunk az evangélikus

temetőbe, ahol *Faller Károly* sírjánál elhangzott a Mindnyájan jártunk egyszer az Akadémián dalunk, majd koszorút helyeztek el az OMBKE és az OMBKE Egyetemi Osztály képviselői.

A megemlékezések *Farbaky István* sírjánál folytatódtak, ahol elénekeltek a Tisztelet a Bányász Szaknak című és kezdetű nótánkat, ezt követően az OMBKE és az OMBKE Egyetemi Osztály koszorúit kerültek a sírra.

Kerpely Antal professzor sírjánál közösen elénekeltek a Kohászhimnust, majd az OMBKE, valamint az OMBKE Egyetemi Osztály képviselői helyezték el koszorúinkat.

Az ünnepi események sorát 16:00 órakor, az Óvár udvarán, a 48-as Honvéd szobornál folytattuk, ahol nemzeti Himnuszunk eléneklése után *Kőrösi Tamás*, egyesületünk főtákará mondott tisztelő beszédet. A szobor a *Guyon* tábornok által vezényelt branyiskói áttörés honvédjét ábrázolja, s 1899. október 6-ára, az aradi vértanúk 50 éves évfordulójára készítette *Tóth Árpád* költő apja, *Tóth András* szobrászművész. A szobrot 1899. október 15-én leplezték le Selmecbányán, az Erzsébet téren, a Glanzenberg altárolójára közelében (a mostani Kachelman panzió mellett). A szobrot Trianon után eltávolították és megrongálták,

az alapzatra egy jellegtelen partizán szobor került.

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közreműködésével, tagjaink adományából, és öntész kollégáink kiváló szakismeretével, *Marián Lichner*, akkori polgármester támogatásával, az OMBKE 110 éves évfordulójára 2002-ben a szobrot restaurálták és az Óvár udvarában állították fel. Azóta minden év szeptemberében a szalamander ünnepség keretében megkoszorúzzuk.

Az idén koszorúkat helyeztek el a szobornál az OMBKE, a Szent Borbála Akadémiai Kör, az OMBKE Tatabányai Helyi Szervezet vezetői, Tatabánya hagyományörző diákjai, valamint a Borsod megyei Mérnöki Kamara képviselői.

A Honvéd szobornál történő megemlékezés magasztos hangulatát megkoronázta a végezetül elhangzott Kossuth-nóta, amely különös erővel, lelkesítően visszhangzott az Óvár ódon falai között.

Az Óvárból átsétáltunk az Akadémiához, ahol az Erdészeti Palota falán elhelyezett, az Egyesület alapítását megörökítő emléktáblánál 17:00 órakor folytatódott az ünnepi események sora.

Először stílszerűen felhangzott a



■ Megemlékezés Péch Antal sírjánál



■ A felvonulók első sora

Mindnyájan jártunk egyszer az Akadémián dalunk. Ezt követően *dr. Hatala Pál*, egyesületünk elnöke mondott beszédet az Alma Materről, az OMBKE alapításáról, s hagyományaink fontoságáról.

Az OMBKE 1892. június 27-én alakult meg a Selmeci Akadémia akkori új épületének, az Erdészeti Palotának átadásakor tartott Bányászati és Kohászati Kongresszus alkalmával. Egyesületünk megalakulásának 100. évfordulóján, 1992-ben az OMBKE és a szlovák egyesület az Erdészeti Palota falán szlovák nyelvű emléktáblát helyeztek el (a helyi hatóságok akkor csak ezt engedélyezték). 2002-ben, az OMBKE megalakulásának 110 éves évfordulóján, a Selmecbányán tartott ünnepélyes választmányi ülés kezdeményezte, hogy a szlovák nyelvű emléktábla mellett kerüljön az Akadémia falára magyar, illetve német nyelvű tábla is. Hosszas egyeztetés után, *Csáky Pál* miniszterelnök-helyettes és *Marián Lichner* polgármester, valamint a szlovák egyesület támogatását megszerezve, 2005. szeptember 10-én, a szalamander ünnepség másnapján ünnepélyesen felavatták a magyar és német nyelvű táblát.

A három emléktáblánál koszorúkat helyeztek el az OMBKE, az SPE Nemzetközi Olajmérnök Egyesület Magyar Szekciója, az OMBKE Tatabánya Helyi Szervezet és a Borsodi Mérnöki Kamara vezetői, valamint Tatabánya hagyományörző diákjai.

Az ünnepi események csúcspontjaként, 19:00 órai kezdettel lett a helyi rendezők által meghirdetve a hagyományos díszfelvonulás, a SZALAMANDER.

A felvonulás a korábbi évekhez

hasnolón, most is alapos késéssel, jó félórával utána indult csak el. Az idén a magyar felvonulókat a menet vége felé, a Kassai Egyetem után osztották be a szervezők. Ennek az volt a hátránya, hogy a szlovák egyetemisták, nem tudni, milyen furcsa ötlet alapján, konga dobok elektromosan felerősített fűlsértő hangjával vonultak előttünk. Hogy az eszeveszett dobolás ne zavarja a magyar küldöttség méltóságteljes éneklését, úgy védekeztünk, hogy jó 50-60 méterrel lemaradtunk a szlovákok mögött.

A menet előtt hagyományosan négy attraktív bányász és kohász egyetemista leány vitte az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület nevét viselő széles molinót. Utánuk következtek az egyesületi zászlók, melyekből az idén hatot vittek a kemény feladatra önként jelentkező markos egyetemi hallgatók.

Az együtt éneklésünk végül is a felvonulás során a vártnál jobban összecsiszolódott, annak ellenére, hogy az idén nem sikerült megszerveznünk a „Cantusok Kemény Magját” sok jótörkű kolléga, elsősorban egyetemisták hiányzása miatt.

Bár csak körülbelül 200-an indultunk el nyolcas sorokban a Dohánygyártól, azonban a magyar felvonuló csoport folyamatosan nőtt, az időközben a sorok közé be-beálló és nehezen rendeződő kollégák, tagtársak létszáma miatt.

Itt az Egyesület vezetése nevében (nem először) fel kell hívunk a figyelmet arra, hogy nem helyes, és rossz példát mutat a rendezett sorokban vonulók közé történő be-beugrálás, mert megbontja a rendet, átmeneti kavargás támad, a külső nézők szá-

mára zavart rendezetlenséget mutat ez a gyakorlat.

A fenti intermezzoktól eltekintve, a végére kialakult az egységes magyar alakzat, és a Városháza melletti díszemelvény előtt hagyományosan elénekeltek a három kar himnuszát.

Végül kb. 360-380-an fejeztük be a felvonulást, s bár az előző évek 450-500 fő körüli létszámánál most kevesebben voltunk, azonban így is a Szalamander legnépesebb felvonuló küldöttsége ismét a magyar volt!

Szeptember 8-án 10:30-kor kezdődött a Szent Borbála Akadémiai Kör Egyesület által immár hatodszor szervezett magyar nyelvű ökumenikus istentisztelet. Milyen könnyű a jót megszokni, pedig 2013-ban, amikor sikerült először megszervezni, beleborzongtunk, amikor a Nagyboldogasszony templomban, több mint 80 év után először ismét magyarul szólt a szentmise! Szerencsére, most már mondhatjuk, ez is hagyománnyá válik!

Mindenki tisztelettel felállt, amikor az orgona hangjaitól kísérve, a Szent Borbála Akadémiai Kör Egyesület díszegyenruhás tagjainak kíséretében, méltóságteljesen behozták egyesületi zászlóinkat, melyek az előtérben két oldalt adtak díszes keretet a szertartásnak.

Elek László katolikus atya, Nád-szeg esperes plébánosa, *Nagy Olivér* evangélikus lelkész, az alsószeli gyülekezet lelkésze, valamint *Tanító Péter* református lelkész, a csallóközarányosi gyülekezet lelkésze celebrálták az ökumenikus istentiszteletet, a Nagyboldogasszony templom teljesen megtelt padsorai előtt.

A magasztos hangulatú hálaadás-szon sokak szemében megjelent a

könnycsepp, amikor *Pataki Attila* tiszteleti tagunk – megható beszédben, *Ruzsinszky László* *Tempus* című kisregényének általa dramatizált részleteivel emlékezett meg arról, hogyan kellett elhagyniuk az akadémistáknak 100 évvel ezelőtt, 1918 telén a szeregett Selmecet.

Elek László atya igehirdetésében szintén kitért arra, milyen fontos szerepet játszott az Akadémia Selmecbánya város életében.

Ezt követően erdész testvéreink képviselőjében *Timár József* mondott rövid, de mély tartalmú beszédet. Mindannyiunk szívéből szólott, amikor ezt mondta:

„Külön öröm, hogy együtt lehetünk itt újra, szlovák, cseh, lengyel, osztrák, magyar és még ki tudja honnan nem jövő bányászok, kohászok és erdészek... Nem számít, hogy ki honnan jön, ki milyen nyelven beszél, egy az értékrendünk: Selmecbánya, és a selmeci szellem örökléte.”

Ezután a főtisztelendő urak megáldották az egyesületi zászlókat.

Végül sokunk szeméből ki is bugygyantak azok a könnycseppek, amikor a csodálatos akusztikájú templomban felcsendült a Bányászhimnusz... Gyönyörűen szólt...

Az ökumenikus istentisztelet után a templom előtti térség szélén felsora-

koztak a frissen megáldott zászlók, majd a körben álló tömeg közepén álló három Cantus Praeses – *Pataki Attila*, *Tímár József* és *Lakatos Csaba* – intonálásával közösen elénekeltük a másik két testvérkar himnuszait.

Zárásként stílszerűen felhangzott az örökbecsű selmeci diákdal, a *Gaudeamus igitur*... A Cantusok, a három „karcsú gyertyaszál” nagyszerűen előénekelte az egész Szalamander Ünnepest jelmondatát is jelentő strófát: „KAR A KARBAN BÁNYÁSZOK, ERDÉSZEK, S KOHÁSZOK”!

Jó szerencsét!

Kőrösi Tamás

XII. Fazola Fesztivál 2018

2018. szeptember 21-én, pénteken a Miskolci Akadémiai Bizottság székházában megrendezett „150 éves a Diósgyőri Vasgyár” c. konferenciával indult a XII. Fazola Fesztivál. A rendezvénysorozat a Herman Ottó Múzeumban az „Amikor még fűjt a gyár” című ipartörténeti időszaki kiállítás megnyitójával folytatódott. A mozgalmas nap a Bartók Béla Művelődési Házban tartott Fazola-napi szakestéllyel fejeződött be. A rendezvényről készült képek a hátsó borítón láthatók.

A délelőtti konferencia szép számú közönség érdeklődése mellett *dr. Hatala Pál*, az OMBKE elnöke, *Bocz András*, a Vaskohászati Szakosztály elnöke, *dr. Farkas Ottó* professor emeritus részvételével zajlott. *Dr. Harcsik Béla* muzeológus, *Kelemen Kristóf* történész, muzeológus, *dr. Tardy Pál* egyesületünk exelnöke, *Kőmíves Tibor* főlevéltáros, *dr. Reményi Gábor* ny. vezérigazgató, *Olajos Csaba* területi főépítész; *dr. Dudás Illés* professor emeritus előadása révén hallottak a megjelentek *Péché Antal* életéről és munkásságáról. Szírvonalas előadásokon ismerhették meg az érdeklődők a Diósgyőri Vasgyár alapításának körülményeit, történelmi háttérét, a két vasmű és a diósgyőri gépgyártás történelmét, a diósgyőri bányák és kolóniák kialakulását.

Az „Amikor még fűjt a gyár” kiállításán bemutatott tárgyak az Északkelet-Magyarország Ipartörténetének Ápolásáért Alapítvány, a Magyar Műszaki

és Közlekedési Múzeum Kohászati Gyűjtemény és a Herman Ottó Múzeum anyagából állt össze. A megnyitón a több mint 100 érdeklődő előtt Miskolc megyei jogú város alpolgármestere a több mint 100 érdeklődő előtt Miskolc megyei jogú város alpolgármestere, *Pfliegler Péter* és *Drótos László*, a valamikori Lenin Kohászati Művek vezérigazgatója mondott köszöntőt, illetve megnyitó beszédet.

A hagyományápoló szakestélyen *dr. Harcsik Béla* elnökletével az összegyűlt kohászok és bányászok vidám, de méltóságteljes formában éltették a selmeci hagyományokat, megemlékezve a 238 évig működő diósgyőri vasműről és alapítójáról, Fazola Henrikről.

Másnap, 22-én szombaton az újmassai Massa Múzeum területén, a Fazola műemlékkohó környezetében szervezett szabadtéri rendezvénnyel zárult a *Fazola Henrik és Frigyes*, illetve a Diósgyőri Vasgyár 150 évvel ezelőtti alapítására és *Péché Antal* emlékére rendezett kétnapos fesztivál.

A szombati szabadtéri rendezvény első mozzanata a zenés kisvonat megérkezése volt, amin a Perecesi Bányászzenekar szórakoztatta a vonaton utazók és a megállók közönségét. Az erdész, bányász, kohász barátság szép kegyeleti gesztusaként emlékeztek meg a közelmúltban elhunyt Cserép János erdőmérnökről, az Északerdő Zrt. nyugalmazott vezérigazgatójáról, aki éveken keresztül



■ A kiállítás megnyitója a Herman Ottó Múzeumban

segítője, támogatója volt a Fazola Fesztiválok. Az ez évi fesztivált a rendezőség az ő emlékére ajánlotta.

A műszaki pályát népszerűsítő szakmai programok és kulturális programok után a rendezvény egyik csúcspontja volt a tiszteletbeli kohász avatása. Idén egy valamikori DIGÉP-es, *dr. Dudás Illés* professor emeritus „vált” kohásszá, és indította el a látványcsapolást. Ezután az eleredt eső miatt a sátrak alatt megtartott bemutatók megtekintésével folytatódott a program.

A rendezvényt az Északkelet-Magyarország Ipartörténetének Ápolásáért Alapítvány szervezte, a főszervezők *dr. Nyitrai Dániel* (az OMBKE tiszteleti tagja), *Sipos István* (az Alapítvány elnöke) és *dr. Harcsik Béla* (MMKM Kohászati Gyűjtemény) voltak.

A XII. Fazola Fesztivál két napjának négy nívós rendezvényén mintegy háromezren vettek részt.

Nyitrai Dániel – Sipos István – Harcsik Béla

Szakmai nap a szegedi ELI-ALPS Kutatóközpontban (lézerközpont)

Az OMBKE Fémkohászati Szakosztály Kecskeméti Helyi Szervezete Tiszántúliak Társasága a kétévente esedékes szakmai napját ebben az évben Szegeden rendezte meg, ahol a Szegedi Tudományegyetem által fenntartott ELI-ALPS Kutatóközpontot, a Szent-Györgyi Albert Agórában kialakított „Neumanntól az internetig” című informatikatörténeti kiállítást és az Újszegeden lévő Egyetemi Fűvészkertet iktatta programjába, szakavatott vezetés mellett.

Az ELI-ALPS (Extreme Light Infrastructure – Attosecond Light Pulse Source) Kutatóközpont XXI. századi építészeti (smart building) remekmű konferenciatermében a 43 fős csoportot az intézmény munkatársai fogadták. Az ott elhangzott előadásokban részletesen bemutatták a lézeres kutatóközpontot, amely 2014-ben készült el mintegy 240 M euró ráfordítással. A kutatóműhelyek felszerelése ma is folyamatosan történik. A 25 Mrd Ft-os eddigi ráfordítás végső kerethatára 70 Mrd Ft-ot tesz ki EU-s források felhasználásával. Eddig 609 m²-en 700 M Ft értékű egységeket telepítettek. A kutatótevékenységhez 17 féle lézertényt állítanak elő attosecundum (10⁻¹⁸ sec) impulzusidejű ultrarövid tartományban különböző frekvenciák mellett. A kutatócsoportok részére már négy kutatóegység áll rendelkezésre két héttől két hónapi időtartamra. A kutatások pályázat alapján EU-s támo-

gatásokból valósulnak meg. A kutatóhelyek por- és rezgésmentes egységekben vannak kialakítva, melyekből a látogatás során az első szinten négy munkahelyet monitorokon meg is lehetett tekinteni. Fontos feladat a jól fókuszálható és pontos frekvenciabeállítású lézertényhez szükséges vákuumterek biztosítása a 10⁻²–10⁻¹² bar vákuumtartományban. A fizika, a kémia, az élettudomány és biotechnológia, a nanotechnológia, az infokommunikációs technológia, az energiaipar, a kulturális örökség és környezetvédelmi, valamint az ásványtan és a légkörkutatás területén végzik az alapkutatásokat. Az európai lézertudományi hálózathoz 16 EU-tagállamban 33 vezető laboratóriuma van, amelyek egymással is szoros kapcsolatban állnak a helyileg kialakított speciális felszereltségük hasznosítására.

A szakmai nap az Agóra épületében a Neumann János Számítógéptudományi Társaság által rendezett informatikatörténeti kiállítás megtekintésével folytatódott, Kónya Orsolya főmunkatárs vezetésével. A korai robottechnikában híressé vált „katicabogár” bemutatásával zárult látogatás után a kiállítás konferencia teremrészében Sarusi-Kiss József, az Alternconsulting Kft. ügyvezetője termék- és szolgáltatásbemutatóval hívta fel a látogatók figyelmét az általuk tervezett, kivitelezett és telepített nagy égésterű kazánokra, valamint villa-

mosenergia-termelő napelemparkokra és a speciális rétegelt anyagokból gyártott folyadéktároló fekvő tartályokra. A vetített előadást követő konzultáció után a résztvevők az újszegedi Egyetemi Fűvészkertet keresték fel, ahol a pazar kora őszi időjárásban egy körséta keretében ismerkedtek meg a kert különlegességeivel (pálmaház, rózsakert, fűszernövénykert, lótszgyűjtemény). Itt kell köszönetet mondani a helyi szervezésben jeleskedő titkárunknak, Széll Pál gépészmérnök kollégánknak, aki a szakmai nap minden helyszínén röviden ismertette az ott folyó tevékenységet, és azt is, hogy hogyan lehet kapcsolni ezt szakmáinkhoz, szakmatörténetünkhöz.

A jól sikerült szakmai nap késő délután Mindszenten ért véget, ahol a helyi Birka Csárdában elköltött vacsorát követően selmeci és egyben rendhagyó szakestélyre került sor, ahol az isteni fényben tündöklő, de már egy kicsit elfáradt firmák körét Dánfy László elnök, Széll Pál háznagy, valamint Csutak István nótafa számos felszólalásra bírták, és sok-sok dalra fakasztották. Az est Komoly Pohár hozzászólására dr. Tolnay Lajost, OMBKE tiszteleti elnökünket kértük fel – akit nem mulasztottunk el felköszönteni 70. születésnapján –, a helyi szervezet és ezen belül a Tiszántúliak Társasága példamutató tevékenységét és közösségmegtartó szerepét emelte ki.

Dánfy László



■ 1. kép. Megérkezés a Kutatóközponthoz



■ 2. kép. A csoport a lézeres kutatóközpontban

Széky Miklós kilencven éves



Széky Miklós 1928. augusztus 14-én született Medveshidegkúton (a mai Szlovákia területén). Édesapja elemi iskolai igazgató volt. Iskoláit magyar nyelvű iskolában végezte. A Felvidék viszácsatolása, majd a párizsi békeszerződés után nem hagyták magyar nyelven érettségizni. Szüleivel együtt kénytelen volt Magyarországra „menekülni”, a pápai Református Gimnáziumban érettségizett.

Egyetemi tanulmányait az akkor alakult Veszprémi Vegyipari Egyetemen végezte. Az egyetem után a Salgótarjáni Acélárugyárba került, mint vegyész-mérnök. Dolgozott a kémiai laboratóriumban, majd a Műszaki Fejlesztési Főosztályon, végül mint kereskedelmi igazgató ment nyugdíjba. A műszaki fejlesztés volt az igazi feladatköre, aminek során a vállalat több másod- és harmadtermék gyártását bővítette, illetve vezette be. Néhány ezek közül: a 100 éves Huzalmű rekonstrukciója, új termékek gyártásának megvalósítása, mint pl. a horganyzott csőgyártás vagy a raktártechnikai elemek gyártása, a hagyományos kovácsolás mellett az ún. félmeleg alakítás bevezetése. Nyugdíjba vonulása után tovább dolgozott az Ötvözetgyárban, majd a CARBOVAN Kft.-nél a barter ügyletek szakértője volt.

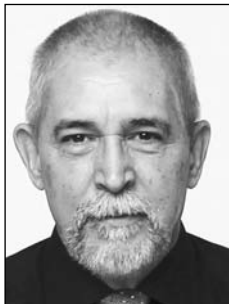
Baráti körével gyakran túrázott, így bejárta az Alacsony- és Magas-Tátra lankáit, hegyeit, és hazánkban is sok-sok kilométert tett meg túratársaival.

1966-ban lett az OMBKE tagja. Ezen belül oszlopos tagja a Salgótarjában működő Bányász-Kohász Dalkörnek, korábban sok rendezvényen volt közreműködő. Víg kedélyű, jó hangulatot teremtő dalostárs, kedvenc nótája „Kint lakom én Kisperjésen...”

Liptay Péter

70. születésnapját ünnepelte

Hollósi Béla a kohászatot családi hagyományként választotta, hiszen édesapja is kohómérnök volt. Így már kamaszkorában, majd ösztöndíjas egyetemistaként a Magyar Hajó- és Darugyár öntödéjében dolgozott nyaranta. 1971-ben itt kezdte a kohómérnöki pályát



üzemmérnökként. 1974-ben került az öntödék részére beszállító ÖFAG-hoz, az Öntödei Vállalathoz. 1975-ben kohóipari gazdasági mérnöki diplomát szerzett, 1978-ban német nyelvvizsgát tett.

Üzemmérnökből lett az évek során a gyantáshomokgyártás kutató-fejlesztője, később kutatásvezető, majd a cég műszaki igazgatóhelyettese. Az ÖFAG-ban töltött évek alatt sok hazai és külföldi öntödével került kapcsolatba, az egyesület révén pedig több hazai és nemzetközi konferencián vett részt. A rendszerváltás után az ÖFAG résztulajdonosa lett. Az ő vezetésével

ekkor az öntödei segédanyaggyártás mellett építőipari területen is tevékenykedtek, kohászati és építőipari szabadalmak fűződnek nevéhez.

1993-tól 1997-ig – a cégből kiválva – önálló bt.-t alapított, melyben főleg műszaki fordítással, tolmácsolással foglalkozott, esetenként a szakmától távoli területeken is.

1997-től a bt.-t megszüntetve az UBP Csepel (később Csepel Metall) beszerzési vezetőjeként dolgozott. 2006-ban váratlan, mégis viszonylag szerencsés kimenetelű betegség (stroke) vetett véget aktív pályájának, azóta nyugdíjas.

Munkája során négyszer Kiváló Dolgozó, 1987-ben pedig Kiváló Kohász kitüntetésben részesült. Az OMBKE-nek 1971 óta tagja.

Nyugdíjas éveit családjával tölti, felesége (akivel 48 éve élnek boldog házasságban), két felnőtt, családos gyermeke és két unokája körében. Hobbija az utazás, túrázás, rendszeresen úszik.

Dr. Lengyel Károly okl. kohómérnök 1948. szeptember 24-én született Kiskunlacházán.

Középiskolába a Veszprémi Vegyipari Technikum színesfémipari tago-

zatára járt, majd 1973-ban az NME Kohómérnöki Karán szerzett öntő ágazaton jeles oklevelet. Végzés után a VASKUT Öntödei osztályán dolgozott, ahol 1983-ban megbízást kapott a vasöntészeti kutatásokat folytató csoport vezetésére. Ez év végétől az Ipari Technológiai Intézet öntészeti főosztályának tudományos munkatársa, majd laborvezetője volt 1988 végéig.

Az egyetemen végzett TDK-munka jó alapot biztosított a VASKUT-ban kapott feladataihoz, melyek országos célprogramokhoz, valamint vállalati szerződésekhez kapcsolódtak. Ennek során hosszabb-rövidebb időt töltött az ország akkori vas- és acélöntödéiben, ahol a feladatok megoldása során előbb társként, később önálló témavezetőként tevékenykedett.

A Nehézipari Műszaki Egyetemen 1987-ben védte meg hőálló, gyorsan grafitosodó öntöttvasak témájú doktori értekezését.

1989-től a Magyar Öntészeti Egyesülés alkalmazta műszaki vezetői



beosztásban. Itt a közel 100 öntödét és beszállító vállalkozást összefogó szervezet kutatás-fejlesztési feladataival, szabványosítással, minőségbiztosítással foglalkozott. A MÖE átalakulása után 1993. február 8-tól a Foundex Kft. műszaki vezetője lett. 1995. január 15-én került a TP Technoplus Kft.-hez, ahol ügyvezető igazgatóként tevékenykedett végleges nyugdíjba vonulásáig, 2016. június 30-ig.

A Foundex és a TP Technoplus Kft.-nél öntödei segédanyag-kereskedelemmel, mérnöki szolgáltatásokkal, engineering-tevékenységgel foglalkozott. Külföldi cégeket képviseltek, ezen keresztül kapcsolatban álltak a legtöbb magyar öntészeti vállalkozással. Vezetésükkel EU-s projekt keretében született meg a hétnyelvű kohászati értelmező szótár ma is hozzáférhető elektronikus változata.

Kutatói munkájáról a szaklapokban rendszeresen beszámolt, országos és nemzetközi szakmai rendezvényeken több előadással szerepelt. Az Öntészeti szakosztály nemzetközi rendezvényeinek és hazai konferenciáinak előkészítésében és lebonyolításában jelentős szerepet vállalt, szakmai tevékenységéhez kapcsolódóan számos hazai és több külföldi konferencián, kongresszuson és tanulmányúton vett részt.

Több cikluson keresztül tagja volt a Magyar Öntészeti Szövetség elnökségének, elsősorban oktatási és szabványosítási kérdésekkel foglalkozott.

Az OMBKE-nek 1970 óta tagja, tanulmányainak befejezése óta aktívan részt vesz az egyesület életében. Tagja volt a szakosztály 1972-ben megalakult Fiatalok szervező munkabizottságának, 1975-től az Öntészeti szakosztály vezetőségi tagja. Több cikluson keresztül volt a szakosztály titkárhelyettese, titkára, elnöke, több választmányi bizottság vezetője, majd három cikluson át az egyesület főtitkárhelyettese. Egy ciklusban a BKL Kohászat felelős szerkesztői tisztét is ellátta.

Több vállalati, miniszteri és egyesületi kiténtetése mellett 2015-ben az OMBKE tiszteleti tagja lett, s ugyanebben az évben MÖSZ Életmű-díjjal is elismerték munkásságát.

Nős, felesége dr. Lengyelne Kiss Katalin okl. kohómérnök. Két férjezett lánya és öt unokája van.

Marosváry István 1948. október 29-én született Ózdon. Középiskolai tanulmányait a miskolci Földes Ferenc Gimnáziumban végezte. 1972-ben a Nehézipari Műszaki Egyetem kohásstechnológiai szakán szerzett diplomát.

1972-ben a Lenin Kohászati Művekben helyezkedett el. Részt vett a Nemesacél-hengermű létesítésének előkészítésében. Még az év őszén az LKM és a freitali Nemesacélművek közötti szerződés keretében hároméves szakmai tanulmányi időt kezdett az NDK-ban. Ott dolgozott hengerésszként és hengerműi technológusként. Több tárgy oktatójaként részt vett az ott dolgozó magyar fiatalok számára szervezett szakmunkásképző tanfolyamon, emellett magyar fiatalok egyetemi előkészítőjén matematikát oktatott. 1975-től az LKM Nemesacélhengerművében, majd az LKM utódvállalatainál folytatta tevékenységét, mint hengerműi technológus, technológiai, vállalkozási, majd marketing osztályvezető. A Freitalban szerzett tapasztalatai alapján készítette el a Nemesacél-hengermű bugamelegítési technológiáját.

Kiváló Dolgozó, Kiváló Ifjú Mérnök kiténtetés és Fazola Henrik-oklevél birtokosa. A Diósgyőri Kohászatban részt vett a hengerész dolgozóknak szervezett szakmunkásképzésben, mint a hengerlés szakmai ismeretek oktatója, és a tankönyv készítője.

2008 novemberétől nyugdíjas, részt vesz a diósgyőri kohász nyugdíjasok szakmai tevékenységében. Az OMBKE-nek 1972-től tagja.

Rendes János 1948. november 11-én született Győrött. A Nehézipari Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Karának szerszámgépészeti szakán 1972-ben gépészmérnöki, a Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Karának minőségbiztosítási és -szabályozási szakán 1994-ben minőségszabályozási szakmérnöki oklevelet szerzett.

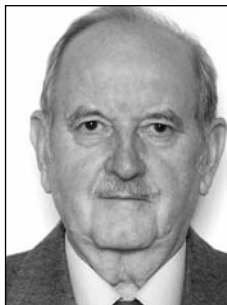
Angol és német nyelvtudásának köszönhetően több, elsősorban a minőségbiztosítással és az auditációs

folyamatokkal kapcsolatos posztgraduális tanfolyamon és tréningen vett részt. Ezek eredményeként számos előadást és tanfolyamot tartott, vezetésével több minőségügyi rendszerauditot végeztek.

Első munkahelye a RÁBA Magyar Vagon- és Gépgyár Rt. volt, ahol 1972–1996 között dolgozott különböző minőségbiztosítási vezető beosztásokban. 1996-ban a NEMAK Alumíniumöntöde Kft. Győrhez került, ahol 2002-ig minőségbiztosítási vezetői, 2010-ig technológiai és minőségirányítási vezetői feladatokat látott el. Ennek keretében az ISO 9002 és QS 9000 szabvány szerinti minőségmenedzsment és az ISO 14001 szabvány szerinti környezetmenedzsment-rendszer kiépítése és irányítása is hozzá tartozott. A végén feladatköre bővült a vevői kapcsolatok ápolásával, a gyártási folyamat monitoringjával, a technológiai tervezéssel és a gyártási folyamatok folyamatos fejlesztésével. 2010-től az ügyvezető igazgató tanácsadójaként feladatai kiterjedtek a melegüzemi szakmákhoz kapcsolódó nappali, középfokú iskola-rendszerű duális képzés, majd a duális öntömérnök képzés bevezetésére a Miskolci Egyetemen, és a vállalaton kívüli kapcsolatok szervezésére.

Dr. Darvas Zoltán a Bánki Donát Gépipari Technikum elvégzése után 1972-ben gépészmérnöki oklevelet, majd 1979-ben képlékenyalakító szakmérnöki oklevelet szerzett a BME-n.

A Vasipari Kutató Intézet Képlékenyalakítási osztályán kutatóként kezdett el dolgozni. Kohászati vállalatok megbízásából végzett kutatásokba kapcsolódott be (szélesszalagok szabályozott hőmérsékletű hengerlése, folyamatos szalagnemesítő sor technológiájának optimalizálása), majd 1976-tól vett részt a



csapágyacél huzalok hazai gyártási kísérleteiben. 1978–82 években a hengerelt rúdtermékek felületi minőségének javítását célzó kutatást végzett, és a kohászati termékek továbbfeldolgozása szempontjából fontos jellemző, nevezetesen a fémek alakíthatóságának kérdésével foglalkozott. Műszaki doktori címét 1982-ben szerezte meg „A fémek alakíthatósága és a törés kritériuma” című dolgozatával.

1982–85 között a ritkaföldfém–kobalt alapú keménymágnesek hazai

gyártásának bevezetésén dolgozott a VASKUT-ban, majd ösztöndíjasként a BME-n. 1991-ben védte meg kandidátusi értekezését a „Fémes anyagok alakíthatósági vizsgálatai” címmel.

1988 őszétől az AGMI-ban különféle kohászati-gépipari termékek minőségi kérdéseivel, káresetek elemzésével foglalkozott és a Paksi Atomerőmű Rt.-ben rendszerszintű fizikai állapotvizsgálatokat végzett.

A vasipari-gépipari kutatások hátterbe szorulását követően minőség-

ügyi területen szerzett ismereteket és 1992-től saját vállalkozásában több mint 20 éven át végzett tanácsadói tevékenységet. 1993–2002 között a Paksi Atomerőmű Rt. különböző szervezeti egységei számára minőségbiztosítási szabályozások fejlesztésén dolgozott.

1994-től kezdődően igazságügyi szakértői tevékenységet folytat, amelynek a keretében számos feladatot teljesített bírósági, közjegyzői és hatósági kirendelésre, valamint privát felkérésre.

■ NEKROLÓGOK

Pálovits Pál

1926–2018



Pálovits Pál rubindiplomás kohómérnök 2018. június 14-én elhunyt.

Sopronban született, a helyi bencés gimnáziumban érettségizett. Ezután beiratkozott a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Kohómérnöki Karára, ahol 1948-ban oklevéles kohómérnöki diplomát szerzett.

A Tatabányai Alumíniumkohóban helyezkedett el, ahol a felsőtűskés kád-konstrukcióval történő technológia és konstrukció megvalósításának irányítója volt. Az Inotai Alumíniumkohó létesítéséhez a technológia és a konstrukció kifejlesztése a Tatabányai Alumíniumkohóban történt. Pálovits Pált bízták meg az új kohó létesítésének irányításával és üzembe helyezésével. Az üzem főmérnökeként sikeresen irányította ezt a munkát is.

1954-ben kinevezték az Ajkai Alumíniumkohó főmérnökének. Az üzemvitel irányítása mellett nagy figyelmet fordított a kohó fejlesztésére, elsősorban a kohászati folyamatok gépesítésére, a munkakörülmények javítására. Mivel teljes áttekintése volt a magyar alumíniumkohókról, 1959–1964 közötti időszakban megbízást kapott arra, hogy a Nehézipari Minisztérium Színesfémipari Főosztály főmérnökeként irányítsa, felügyelje az alumíniumkohók üzemvitelét, fejlesztését. A Magyar Alumíniumipari Tröszt (MAT) megalakulásakor ismét az Ajkai Alumíniumkohó vezetője lett, majd az 1974–1991 közötti időszakban a MAT területi főmérnökeként dolgozott.

A gazdag és elismerésre méltó, sikeres szakmai életpálya legfontosabb megvalósult elemeit említjük: áramerősség-növeléssel a termelési kapacitások javítása mindhárom alumíniumkohóban, kéregbetörés gépesítése, új katódkonstrukciók, a kádéletartam növelése, az anódgázok hatékony összegyűjtése, az elszívás javítása. Kiterjedt szakmai,

mérnöki munkásságát számos újítás, szabadalom, szakmai publikáció is jelzi.

Figyelemmel kísérte a világ alumíniumipari tendenciáit, és kezdeményezte a 3000 t/év kapacitású modern, automatizált nagynyomású formaöntőde létesítését. Az eltelt időszak teljes mértékben igazolta a kezdeményezését. Megvalósította az alumínium kokillaöntést is Ajkán.

Az OMBKE tagja volt 1950 óta, mindig hűségesen kötődött az Egyesület Fémkohászati Szakosztályához. 11 évig volt az ajkai helyi szervezet titkára, majd 1995 után a Történeti Bizottságban tevékenykedett és elkészítette a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Soproni Kara elhunyt professzorainak sírkataszterét a budapesti és dunántúli régióban.

Kiemelkedő szakmai és irányító, szervező munkáját számos kitüntetéssel ismerték el, és több kitüntetést kapott az OMBKE-től is.

Pálovits Pál a magyar alumíniumkohászat kiemelkedő személyisége volt, sokat tett és jelentős mértékben járult hozzá a magyar alumíniumkohászat fejlesztéséhez. Az iparágban a legnagyobb tapasztalattal és ismerettel rendelkezett a különböző konstrukciójú kádak üzemeltetésében. A következő nemzedékek sokat tanultak tőle, szívesen adta át ismereteit és gyakorlati tapasztalatát. Az alumíniumiparban elvégzett munkája alapján helye van az iparág legkiválóbb szakembereinek képzeletbeli panteonjában.

Búcsúztatására, temetésére június 29-én került sor a sümegi temetőben.

A nemzedékek szakembereinek nevében ígérem, hogy nem felejtünk el, mindig emlékezni fogunk Rád. Nyugodjál békében!

Horváth János

Dr. Palotás Árpád

1937–2018



Dr. Palotás Árpád kohómérnök, a TÜKI Zrt. nyugalmazott vezérigazgatója, nyugalmazott egyetemi docens 2018. augusztus 16-án elhunyt. Hirtelen távozása egy sokoldalú szakembernek a kohászat és az energetika területén végzett közel hat évtizedes tevékenységét zárta le.

Miskolcon, a Kohóipari Technikumban érettségizett, kohómérnöki diplomáját 1960-ban szerezte meg. Pályáját Dunaújvárosban, a Dunai Vasműben kezdte, majd 1961-ben visszatért Miskolcra az akkor még csak néhány szakembert foglalkoztató Tüzeléstechnikai Kutatóintézet munkatársaként. Részt vett a hazai kemencegőők kialakításában. A 3–10 MW teljesítménytartományú kazánegők fejlesztési folyamatát 1967-ben már a TÜKI vezető munkatársaként irányította. A berendezésből az elkövetkező évtizedben több száz példányt építettek be, biztosítva ipari és erőműi kazánok hőellátását.

A 70-es években a szakterület főkonstruktori, vállalkozásirányítási és piacszerzési feladatainak ellátása mellett megtervezte a tüzelőberendezés-fejlesztés bázisát jelentő új, ipari léptékű Lángvizsgáló Kísérleti Üzemet. Irányította a létesítmény kivitelezését és üzembe helyezését.

Kandidátusi értekezését 1979-ben védte meg. 1980-tól az akkor már közel négyszáz főt foglalkoztató intézmény műszaki igazgatóhelyetteseként folytatta munkáját. Irányításával a TÜKI az országos energetikai fejlesztési programok egyik K+F bázisává vált. Ápolta és bővítette a külföldi egyetemekkel, intézetekkel kialakult kapcsolatokat. A Nemzetközi Gázszövetség (IGU) ipari kemencékkel foglalkozó albizottságában Magyarországot képviselte.

A rendszerváltást követően a részvénytársasággá alakult intézmény vezérigazgatójaként új kihívásokkal kellett szembenéznie. Óriási energiát fordított a nyomasztó munkaellátottsági és likviditási problémák megoldására. A munkafeltételeket nehezítő számos akadály ellenére a műszaki színvonal tekintetében ugyanakkor nem tett engedményeket. Munkatársaitól megkövetelte a TÜKI által képviselt tudományos értékek megőrzését, továbbformálását. Súlyt helyezett az új eredmények bemutatására az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesülettel közös szervezésben évente rendezett „Ipari Szeminárium” szakmai találkozókon. Irányításával valósult meg a

vállalati számítógépes tervezés, ügyintézés rendszere.

Vezetésével a Társaság a nehéz időszakban is megőrizte működőképességét. A privatizációs folyamat befejezését követően dr. Palotás Árpád 2000 év végén nyugállományba vonult.

Szakmai pályafutását egyetemi oktatóként folytatta. A Miskolci Egyetem oktatási munkájában már 1963-tól folyamatosan részt vállalt. Tanszékvezető egyetemi docensként irányította az 1993-ban létrehozott, a Miskolci Egyetem Energia- és Minőségügyi Intézet szervezetébe illeszkedő Energhasznosítási Kihelyezett Tanszék munkáját. A TÜKI-ben működő oktatási bázis a kísérleti üzem adottságait kihasználva lehetőséget adott a szakirányú képzésnek gyakorlati ismeretekkel történő bővítésére. Előadásait több évtizedes szakmai tapasztalataira alapozott példákkal, az új K+F eredmények alkalmazási lehetőségeinek bemutatásával színesítette. Szakmai és vezetői gyakorlati tapasztalatai hozzájárultak a hallgatók szemléletének formálásához.

Szakmai elismertségét igazolja, hogy az MTA energetikai albizottságának több cikluson át tagja volt – haláláig.

Pályafutása egy kiváló szakember életútja volt, aki kritikus helyzetekben vezetőként is bizonyította rátermettségét. Tárgyi tudására, széleskörű műveltségére és higgadtságára támaszkodva számos vitás helyzetben találta meg az optimális megoldást. Megkövetelte az igényes műszaki munkát, de saját magával szemben is szigorú követelményeket támasztott. Vezetőként a kellemetlen feladatokat magára vállalva ezek hatását csak egy egészséges stresszes állapot eléréséig adta tovább munkatársainak. Ez a módszer a vezetői taktika mellett humánus alaptermészetét is érzékeltette. Nem sajnált energiát fordítani az emberség és segítő szándék, ill. a vezetői akarat érvényesítése közötti összhang megteremtésére. Karizmatikus személy volt, aki sokat tett az ipari földgázfelhasználás infrastruktúrájának megteremtéséhez szükséges hazai K+F bázis kialakításához. Egyetemi oktatóként több évtizeden át továbbadott tudása, tapasztalata szakemberek százainak munkáját segíti.

Árpi! Hiányozni fogsz, de emlékedet tisztelettel és szeretettel megőrizzük. Volt munkatársaid, pályatársaid, barátaid nevében búcsúzunk Tőled. Nyugodj békében!

Dr. Kapros Tibor

Pék József

1931–2018



Pék József 1931. szeptember 30-án született Sopronban.

A Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohó- és Bányamérnöki Karán 1954-ben szerzett fémkohómérnöki oklevelet.

Kötelező szakmai gyakorlatra a Csepeli Fémműbe került. Két hónapig a Cső- és Rúd húzó Üzemben dolgozott fizikai munkásként. A gyakorlati idő letelte után a Tombakleválasztó Üzem vezetőjévé nevezték ki. 1957. februárjában a Rézelektrolízis Üzem vezetője lett, de két hét múlva el kellett hagynia munkahelyét, 1956-os tevékenysége miatt. Ezután kilenc hónapig csak egy kisiparosnál dolgozhatott segédmunkásként.

1958 márciusában a Kohó- és Gépipari Minisztérium Tervező Iroda alkalmazásába került tervezői beosztásba. Az itt eltöltött időben foglalkozott egyedi kohászati berendezések tervezésével, de fő munkaterülete ajánlatok, tanulmánytervek, beruházási programok, technológiai tervek készítése volt.

Részt vett a Gyöngyösi Fémmű beruházási programjának és a hazai fémkohászat fejlesztési tanulmánytervének készítésében, a Csepeli Acélmű korszerűsítésében, a Borsodi Ércelő-készítőmű kiviteli tervezésében.

1971 novemberében a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet munkatársa lett irányító tervezői beosztásban. Munkaköre hazai és külföldi téglá- és üvegyárak, cementipari létesítmények technológiai és kiviteli tervezésére, helyszíni művezetésre terjedt ki.

1973-tól szakosztályvezetővé nevezték ki. E munkakörben legkedvesebb feladatai közé tartozott a műszaki tervezésben a számítógépes lehetőségek és módszerek felkutatása és bevezetésének támogatása.

1990-ben a SZIKKTI Tervezési Főosztályából alakult új cég, a Technológiai és Környezetvédelmi Fejlesztő Vállalat lett a munkahelye. Itt továbbra is a tervezésfejlesztéssel és új, kiegészítő tevékenységként munkavédelemmel foglalkozott egészen 1992. májusáig, nyugdíjazásáig.

Gyémántoklevelét 2014-ben vehette át.

Az OMBKE-nek élete végéig tagja volt.

Pék József 2018. augusztus 10-én hunyt el. Temetése a kelenföldi Szent Gellért-plébániatemplom urnatemetőjében volt.

Emlékét megőrizzük, nyugodjon békében!

Ináncsi István

1943–2018



Ináncsi István 1943-ban született a Borsod megyei Négyes községben. Általános iskoláit szülőfalujában végezte, majd Miskolcon kohóipari technikus oklevelet szerzett. A technikum elvégzése után Budapesten, a Metallochemia vállalatnál helyezkedett el mint művezető.

1966-ban megnősült, a házasságból két lánya született.

1971-ben elkezdte tanulmányait a Dunaújvárosi Főiskolán, ahol metallurgus-üzemmérnök oklevelet szerzett. Üzemmérökként egyre magasabb beosztásokat töltött be, üzemvezető-helyettes, üzemvezető, termelési osztályvezető lett. Később munkáját a

Metalloglobusnál folytatta, mint színesfém kereskedelmi osztály-, majd főosztályvezető. A Metalloglobus privatizációja után saját céget alapított, Color-metal 90 Kft. néven, amelynek tulajdonosa és ügyvezetője volt haláláig.

A főiskola elvégzése óta tagja volt az OMBKE fémkohászati szakosztályának.

2018. szeptember 6-án, életének 75. évében hunyt el. Temetése 2018. szeptember 21-én a XXII. kerületi Angeli úti temetőben volt.

Búcsúztak tőle családtagjai, barátai, munkatársai.

Szabó Ferencné

Dallos József

1933–2018



Dallos József 1933. szeptember 23-án született Egerben. A helyi gimnázium öt osztályának elvégzése után, 1953 júniusában a diósgyőri technikumban tett sikeres érettségi vizsga után kohász technikus oklevelet kapott.

1953–1958 között a Miskolci Egyetem Kohómérnöki Karának hallgatója volt. 1958. április 29-én a diplomaterv megvédése után kohómérnöki oklevelet kapott.

Először a Vaskohászati Kemence-építő Vállalat (VKV) központjában helyezkedett el Budapesten. A Vállalkozási és Kooperációs Osztályra került, ahol a Sztálinvárosi Vasmű megleghengerművének építését előkészítő csoport tagja lett. 1958. szeptember 1-től a helyszíni előkészítést felügyelte.

1959. január 1-én építésvezetőnek nevezték ki a helyszíni munkák irányítására, és a VKV sztálinvárosi részlegéhez került áthelyezéssel.

1960 júniusában a Meleghengermű ünnepélyes indításakor a „Kohászat kiváló dolgozója” miniszteri kitüntetést kapott és egy áthelyezési utasítást, mely szerint 1960. szeptember 1-től a VKV ózdi részlegéhez helyezik át, mint beruházási építésvezetőt, az OKÜ-ben induló Martin-rekonstrukciós munkák irányítására. A beruházási munkák befejezése után 1964-ben a VKV ózdi főépítésvezetőjének nevezték ki. Feladata volt még a társegyesíttel (Dunaújváros, Diósgyőr, Budapest) a munkák összehangolása és az eredményes együttműködés biztosítása.

1985. szeptember 1-jén visszahe-

lyezték a vállalat központjába, Budapestre vállalati termelési főmérnöknek. 1986-ban termelési igazgatói beosztást kapott. A hazai munkák mellett vállalatuk, mint önálló külkereskedelmi jogú vállalat, több mint 50 országba tervezett, gyártott és szállított kohászati be-
rendezéseket.

1993–1994-től a Kohászati Gyárépítő Vállalat is, mint a többi nehézipari vállalat mind rosszabb gazdasági helyzetbe került a leépítések miatt. Átszervezéssel és profilváltással szeretnék volna a túlélést biztosítani. A vállalat sok kitüntetés és elismerés után jogutód nélküli felszámolással megszűnt.

Kiemelkedő munkabírása és korrektisége miatt munkatársai kedvelték és tisztelték.

1995. december 1-jén, 42 év munkaviszony után nyugdíjba ment. 2004-ben hazaköltözött Egerbe.

A OMBKE munkájába az OKÜ helyi szervezeténél kapcsolódott be, majd Budapesten a KGYV helyi szervezetének munkáját segítette aktívan. Tagságát nyugdíjas korában is megtartotta.

Gyémántoklevelét augusztus 20-i halála miatt már nem tudta személyesen átvenni.

Hamvait Egerben augusztus 29-én a hatvani temetőben, családjá és barátai részvételével, a római katolikus egyház szertartása szerint helyezték örök nyugalomba.

Mi ismerősei, kollégái ezúton rójuk le kegyeletünket és mondunk utolsó Jó szerencsét.

FL

Prof. dr. Voith Márton

1934–2018

2018. október 4-én, életének 85. évében elhunyt prof. dr. Voith Márton gyémántokleveles kohómérnök, a műszaki tudomány doktora, a Miskolci Egyetem emeritus professora, a Kohómérnöki Kar volt dékánja, a Kohógéptani és Képlékenyalakítástani Tanszék volt vezetője, az MTA Metallurgiai Tudományos Bizottság tagja és volt elnöke, több állami, egyesületi és egyetemi díj kitüntetettje.

A Miskolci Egyetem saját halottjának tekinti.

Halálával a hazai képlékenyalakítási szakterület nemzetközileg is elismert személyisége távozott el körünkből.

Tanítványai, tisztelői, kollégái 2018. november 17-én gyászszakestély keretében búcsúztak tőle.

A részletes nekrológot a következő számunkban közöljük.

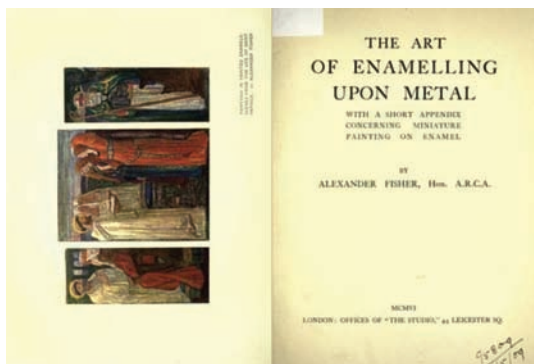
Török Tamás István: Fém-oxidos bevonatok fém hordozókon: a zománckötés (cikk a 22–27. oldalon)



1. ábra. Bizánci rekeszzománkos együttes (részlete) a Magyar Nemzeti Múzeum régészeti tárából



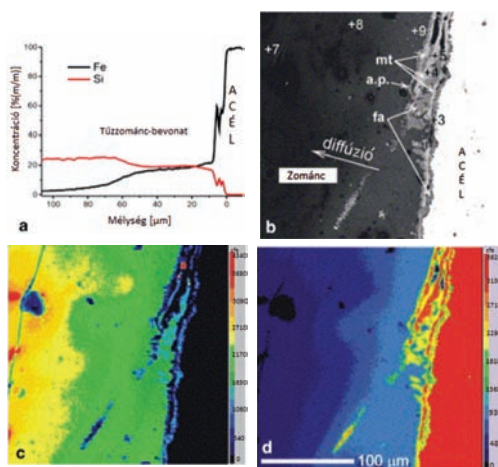
2. ábra. Tűzzománcozás falikép, Józsa János (1984) festőművész alkotása



3. ábra. Alexander Fisher művészeti tűzzománcozásról írt könyvének borítója



4. ábra. Szemléltető alkalmazási példák a tűzzománcozott acéllemezek széleskörű ipari felhasználására



11. ábra. A vas diffúziójának következtében és a vas/zománco-ömladék határfelületén végbement anyagátalakulások eredményeként keletkezett fázisok EMPA, BSE, EDX (színes elem térkép) felvételeken; néhány fázist külön is jelölve [29]

(a) A Fe és Si elemek mélységprofilja az acéltól az üveges bevonatban mintegy 100 μm -ig;

(b) azonosított "mikro" fázisok az acél/zománco határfelületi zónában: **mt**: magnetit, **fa**: fajalit, és **a.p.**: „horgas” fogazott kapcsolódási pont;

(c) Si-tartalom elemintenzitása (koncentrációja) a vizsgált területen;

(d) Fe-tartalom elemintenzitása (koncentrációja) a vizsgált területen.

XII. Fazola Fesztivál 2018. szeptember 21–22.



*Minden kedves Tagtársunknak, Olvasónknak
boldog, békés karácsonyi ünnepeket, sikerekben gazdag új esztendőt
és jó egészséget kíván
a BKL Kohászat szerkesztősége*